LE
SOUFFLAGE DU VERRE
DANS LES
LABORATOIRES SCIENTIFIQUES
ET INDUSTRIELS

LE

SOUFFLAGE DU VERRE

DANS LES

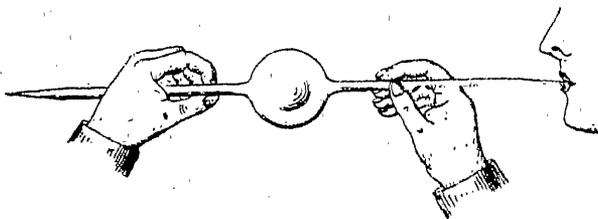
LABORATOIRES SCIENTIFIQUES
ET INDUSTRIELS

PAR

HENRI VIGREUX

Chef d'atelier à la Faculté des Sciences de Paris,
Officier de l'Instruction publique,
Lauréat de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Préface de M. HALLER, Membre de l'Institut.

Deuxième édition.

PARIS

DUNOD, ÉDITEUR

Successeur de H. DUNOD et E. PINAT

47 ET 49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS (VI^e)

—

1920

PRÉFACE

Vigreux, dont nous apprécions l'habileté ainsi que les
es qu'il rend au Laboratoire de Chimie organique de la
nne, auquel il est attaché depuis de longues années,
lemande de présenter au public son traité sur le souf-
lu verre dans les laboratoires scientifiques et industriels.
si que l'indique l'auteur dans un historique sommaire,
remonte à la plus haute antiquité, mais ne s'appliquait
d qu'à des vases, qu'à des objets d'un usage courant
vie des peuples. Son adaptation aux opérations scien-
ne se produisit qu'à partir du jour où les alchimistes
èrent, dans les voies les plus diverses, à pénétrer les
de la nature.

eut dire que, de nos jours, il n'est pas de chimiste, il
is de physicien qui ne doive être en mesure de confec-
, soi-même, la plupart des objets en verre d'une facture
délicate ou de monter des appareils dont les types s'é-
de ceux livrés par le commerce.

existe, à notre connaissance, aucun traité suffisam-
ocumenté qui permette à un débutant de s'initier aux
es et aux tours de main nécessaires pour acquérir une
dextérité dans la confection des multiples formes d'ob-

jets employés dans la pratique courante des

La plupart des spécialistes, des ouvriers expe
de travailler le verre se sont formés, et continuen
dans les ateliers mêmes, où l'on se transmet c
en génération les procédés dont la connaissance
former un bon souffleur de verre.

Sans avoir la prétention de faire œuvre didac
greux s'est cependant efforcé de rassembler, sou
claire et concise, tout ce que l'on connaît et tou
expérience personnelle lui a permis d'acquérir pc
tout débutant le travail du verre sous ses aspects lc

Comme beaucoup d'esprits soucieux de la perf
auteur est constamment hanté par l'idée de perfe
appareils en usage dans les laboratoires ou d'en
nouveaux qui répondent mieux aux opérations
vent devenir le siège.

L'originalité de ce modeste traité réside donc
l'exposé des moyens qu'emploie M. Vigreux pou
tion des différents objets dont il a conçu lui-mêm
sitifs et les modèles.

Plusieurs de ces appareils sont pour le moment
ment adoptés dans les laboratoires, et, grâce à
des moyens préconisés pour leur confection, ils
réalisés avec la plus grande facilité.

Nous sommes donc persuadé que ce petit livr
plus grands services aux commençants et qu'il s
favorablement par les Chimistes et les Physicien

A. HALLE

AVANT-PROPOS

DE LA PREMIÈRE ÉDITION

Le but de ce manuel pratique présenté à tous les travailleurs de laboratoire et à toutes les personnes ayant le désir d'apprendre à travailler le verre, est de faire connaître la technique générale pour le travail du verre, et en particulier tous les tours de main les plus pratiques pour la construction des appareils.

Je n'ai pas eu la prétention d'apprendre aux lecteurs qui s'intéresseront à ce petit livre le travail complet du verre. Ce travail en effet se fait sans outillage spécial, et sa bonne exécution demande uniquement une grande habileté manuelle. De là sa difficulté particulière.

Pour faire un bon souffleur de verre, il faut un très long apprentissage ; aussi le seul but que nous nous proposons est-il de permettre à l'expérimentateur d'exécuter les éléments les plus usuels des appareils qu'il utilise. Ces appareils seront fort probablement inélégants surtout au début, mais ils répondront exactement à l'idée de celui qui les a conçus.

Or, à ma connaissance, aucun ouvrage ne donne de renseignements assez complets pour permettre au travailleur de réaliser son idée d'une façon satisfaisante. En publiant ce livre j'ai voulu faire profiter les autres de mon expérience, et combler cette lacune.

La première partie traite d'une façon rapide de l'histoire

du verre, de sa fabrication et de ses principales applications.

La deuxième partie expose l'ensemble des procédés utilisés dans le travail du verre, et tous les tours de main nécessaires pour le soufflage au chalumeau.

La troisième partie, qui expose les moyens les plus pratiques pour construire les appareils courants de laboratoire en général, contient un chapitre spécial sur la construction des thermomètres médicaux, et se termine par un choix de recettes diverses utilisées dans les laboratoires.

Si malgré l'ensemble des notes que j'ai réunies dans ce livre le lecteur ne se croit pas suffisamment renseigné, je le prie de vouloir bien m'accorder toute son indulgence, l'étendue que j'ai été amené à donner à ce sujet dépassant déjà les limites que je m'étais proposées tout d'abord.

Si j'ai pu dans une modeste mesure satisfaire le lecteur, je dois en remercier les personnes qui ont bien voulu m'aider de leurs conseils, et de leurs critiques mêmes. En particulier M. le professeur Haller, membre de l'Institut, M. Richard, docteur ès sciences, M. Carrière, agrégé de l'Université, M. Hildt, ingénieur chimiste, M. Lécluse, l'excellent souffleur de verre.

Je tiens à remercier également MM. Dunod et Pinat, éditeurs, qui m'ont donné toute latitude pour illustrer convenablement ce petit ouvrage, en mettant à ma disposition leur habile dessinateur M. Lorang.

H. Vigreux.

AVANT-PROPOS

DE LA DEUXIÈME EDITION

Le soufflage du verre est devenu une nécessité, chaque hercheur de laboratoire chimiste ou physicien devrait, non as connaître complètement le travail du verre, mais avoir uelques notions suffisantes pour exécuter rapidement les ppareils spéciaux pour ses travaux.

Sollicité depuis longtemps par beaucoup de chimistes 'écrire un livre pratique sur le soufflage du verre, je me mis l'œuvre et j'ai réussi à faire paraître en 1918 une première lition qui fut vite épuisée. J'ai l'espoir que cette nouvelle lition recevra le même accueil favorable.

Dans cette seconde édition, le lecteur trouvera des renseiements complémentaires sur la fabrication des thermoètres médicaux, des yeux artificiels, des perles de verre et fin quelques indications sommaires sur la construction des mpoules à rayons X.

H. V.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LA FABRICATION ET LES USAGES DU VERRE

DEUXIÈME PARTIE

PROCÉDÉS DE SOUFFLAGE DU VERRE CONFECTION DES ORGANES PRINCIPAUX DES APPAREILS

TROISIÈME PARTIE

PRINCIPAUX APPAREILS EN VERRE SOUFFLÉ
LA MANIÈRE DE LES CONFECTIONNER

LE

SOUFFLAGE DU VERRE

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LA FABRICATION ET LES USAGES DU VERRE

Historique.

L'invention du verre est certainement une des plus belles découvertes du génie humain. Comme tant d'autres elle est probablement due au hasard.

Il arrive très souvent qu'on cherche ce qu'on ne peut trouver, et que l'on trouve ce que l'on ne cherche pas[1].

Pline prétend que c'est à la plante kali[2] que l'on doit l'origine du verre ; que quelques marchands jetés par la tempête à l'embouchure du fleuve Bélus (en Syrie) furent obligés de se servir de cette plante, dont ils trouvèrent abondance, pour faire cuire leurs aliments, que la cendre produisit de la soude ou de la roquette qui mêlée au sable (silice) forma un verre (silicate de soude).

D'autres attribuent cette découverte à des marchands de natron (carbonate de soude naturel) qui auraient fabriqué du verre par hasard, en faisant cuire leurs aliments, sur le sable du rivage, en se servant de blocs de natron pour supporter leur marmite. L'action de la chaleur ayant produit la combi-

1. Haudiquert de Blancourt (1718), p. 13.
2. Plante à feuille épineuse de la famille des Salsolacées.

naison de la soude avec le sable (la silice,) il virent une substance vitreuse qui n'était autre chose qu'un Nous verrons que ce n'était pas encore le verre dans l entre de la chaux.

Ces deux versions imaginées sans doute, ne satisf notre esprit, car le verre est en réalité un silicate plu plexe, et, pour l'obtenir, il faut disposer d'appareils perr d'arriver à une température d'au moins 1 000 degrés.

Le nitrate de chaux se produit naturellement dans l par l'effet du ferment nitrique, c'est ce qui donne les e cences de salpêtre sur les murs humides des caves. Le de soude lui aussi étant un produit naturel, rien ne s'op à ce que certaines terres calcaires fussent riches en nit chaux et en nitrate de soude, et comme ces terres renf en même temps du sable, la formation du verre a dû s fatalement au voisinage d'un foyer ardent.

Pour passer de la formation naturelle du verre, à sa tion vraiment industrielle, il faut évidemment faire int le génie humain et surtout le temps, ce facteur si néc de l'évolution.

Nous avons donc encore ici un exemple frappant où l'h n'a fait que copier la nature.

Pline prétend que ce fut dans la ville de Sidon, ville que se firent les premiers ustensiles de verre[1].

D'autres encore affirment que son usage est aussi que celui des briques, la fabrication de celles-ci donnan vent lieu à des parties vitrifiées, ce qui leur fait dire q art était connu au temps de la tour de Babel bâtie en br

Moïse parle du verre dans la Bible.

Le verre était connu des Orientaux, des Egyptiens, des des Romains. Il semblerait que c'est en Egypte et en Itali se développa principalement l'industrie du verre.

Strabon qui vivait soixante ans avant Jésus-Christ a d

Me trouvant à Alexandrie, j'appris de la bouche d'ou verriers que l'Egypte possède une terre particulière, une

1. Pline. Chapitre xxvi, livre XXXVI.

vitrifiable, que sans cette terre elle ne pourrait pas exécuter ces magnifiques ouvrages de plusieurs couleurs, et que dans d'autres pays où cette terre manque il faut avoir recours à différents mélanges.

En effet, à Rome, il s'invente chaque jour de nouvelles compositions et de nouveaux produits pour colorer le verre et l'on est parvenu à obtenir une imitation de cristal tellement bon marché qu'un verre à boire avec sa soucoupe ne coûte pas plus d'une chalque.

Strabon raconte aussi qu'entre Acé et Tyr (Phénicie) la côte n'est qu'une suite de dunes formées surtout d'hyalitis ou sable

Fig. 1. — Vases égyptiens.

vitrifiable. Sur les lieux mêmes, dit-il, ce sable ne peut pas fondre, mais transporté à Sidon il devient aisément fusible.

Les ouvriers qui travaillaient le verre vers le milieu du XVe siècle avaient le titre de « gentilshommes » ; ils avaient droit de porter l'épée ; leurs privilèges leur donnaient le droit d'exercer ou de faire exercer cet art sans déroger à leur noblesse, cependant il existait bien avant eux de petites verreries.

Le premier privilège fut accordé à Antoine de Brossard seigneur de Saint-Martin en 1453, pour l'installation d'une verrerie dans son comté d'Eu.

Antoine était un descendant d'Antoine, né en 1290, fil naturel de Charles de France [1].

Le privilège accordé aux verriers n'était pas pour facilit le développement de cette industrie.

Cependant Colbert, ministre de Louis XIV, vers 1680, song à doter la France d'une fabrique de glaces; il séduisit à pr d'or des ouvriers de Murano, c'est alors qu'on installa u Manufacture royale pour la fabrication des glaces en verre p le procédé de Venise. Un premier privilège de cette manufa ture fut accordé en faveur de Nicolas Dunoyer pour ving années qui fut renouvelé par Lettres Patentes du dernier jo de décembre 1683, pour trente années.

Le second privilège fut accordé le 14 décembre 1688, Abraham Thévart, « pour le temps de trente années, avec le mêmes privilèges que les nobles qui pourroient s'y associer » Mais ayant depuis fait leur établissement à Saint-Gobain ils o obtenu Lettres Patentes en février 1693 portant exemption d tailles et autres impositions. Ces deux manufactures furer réunies ensemble par arrêt du Conseil d'État du 19 avril 1695

Pendant très longtemps, les ouvriers gentils-hommes o gardé le secret de cette belle industrie.

Les réflexions suivantes de Haudiquert de Blancourt mo trent bien quelles étaient les idées sur cette question à cett époque.

Si le verre était maniable, qu'il n'ait pas cette fragilité qui l est naturelle, rien ne pourroit égaler la peinture qui se fa dessus puisqu'elle est ineffaçable, qu'elle conserve toujours so éclat, qu'elle n'empêche pas la pénétration de la lumière du jou et qu'il se peut peindre dessus d'aussi beaux tableaux que sur l toile, il n'y auroit rien sur la terre de si riche ni de si précieu que le verre soit qu'il fut peint ou teint en couleurs, s'il pouvo obtenir cette première perfection de malléabilité que plusieur sçavans hommes ont trouvé et que beaucoup ont encore. Mai le siècle est si corrompu du péché d'avarice, que les sage Maîtres de l'Art aiment beaucoup mieux passer pour des ign

1. *L'art de la verrerie* de Haudiquert de Blancourt, 1718, p. 45, t. I.

2. *L'art de la verrerie* de Haudiquert de Blancourt, 1718, p. 236, t. II.

rants que d'encourir la peine d'une prison perpétuelle en exposant un secret aussi précieux et aussi beau [1].

Le verre est indispensable à la vie moderne, il nous fournit un grand nombre de nos ustensiles domestiques, il nous préserve des intempéries du dehors tout en laissant pénétrer la lumière et les rayons du soleil dans nos habitations. Il est l'élément principal de presque tous les appareils de chimie et de physique.

Le verre est si nécessaire pour passer la vie avec plaisir et satisfaction que la Providence de Dieu a permis qu'il n'y ait pas un endroit dans le monde, où il ne se trouve tout ce qui est nécessaire, pour le fabriquer, et dans une si grande abondance, que les matières en sont presque inépuisables. C'est à ce sujet qu'un artisan avoit raison de dire jovialement, que l'art du verre dureroit autant que les siècles, puisque Dieu, réduisant ce vaste univers en cendres, il s'en suivoit que tout devoit être réduit en verre à cause du mélange des sels qui sont parmi la terre [2].

C'est en utilisant le verre qu'on imagina :

Les lentilles composées, point de départ de tous les instruments d'optique, comme le télescope, dont le premier fut construit par Galilée en 1600 ;

Le microscope, instrument précieux pour les Sciences, qui permit à nos savants de faire l'étude des infiniment petits, travaux qui conduisirent aux si belles découvertes de Pasteur et de tant d'autres ;

La photographie imaginée par Niepce en 1829, cet art si agréable qui permet de fixer l'image sur des plaques de verre impressionnables ;

Le périscope, instrument utilisé par les sous-marins. Cet appareil permet, étant en plongée, de pouvoir observer ce qui se passe à la surface de l'eau ;

Le phare, appareil servant à éclairer les navigateurs pendant la nuit ;

1. *L'art de la verrerie* de Haudiquert (1718), t. II, p. 185.

2. Haudiquert de Blancourt (1718), t. I, p. 18.

Le thermomètre, instrument pour mesurer les températures, d'une application énorme ;

La radiographie qui permet à la chirurgie, grâce à des ampoules de verres à électrodes, de construction spéciale, de découvrir les corps étrangers et toutes sortes de perturbations produites soit par la maladie, soit par un traumatisme, dans l'intérieur du corps humain ;

Enfin tous les appareils de chimie, dont les formes les plus compliquées peuvent être exécutées grâce aux qualités si remarquables du verre, ce qui a permis à la Science et à l'Industrie l'exécution des travaux si variés, qui ont abouti dans les laboratoires aux découvertes les plus considérables.

Le verre est un silicate double résultant de l'union d'un silicate alcalin (de potasse ou de soude) avec un silicate de chaux pour le verre ordinaire, ou un silicate de plomb pour le cristal. Le silicate alcalin employé seul donnerait un verre fusible soluble dans l'eau. Le silicate de chaux a une tendance à la cristallisation, qui ne permet pas de l'employer isolé. En mêlant les deux silicates, on obtient un bon verre peu fusible, qui n'a plus ni la solubilité du silicate alcalin, ni la tendance à la cristallisation du silicate de chaux.

Le silicate de plomb uni à un silicate alcalin donne un verre plus fusible que le précédent ; ce verre est doué d'un pouvoir réfringeant très considérable, qui le fait rechercher pour un grand nombre d'usages.

Cette différence dans la composition et les propriétés des verres, les divisent naturellement en deux groupes : les verres ordinaires et le cristal.

On distingue plusieurs espèces de verre :

Le verre à vitres. — C'est un silicate double de soude et de chaux, obtenu en fondant ensemble, en proportions convenables, du sable fin, de la craie blanche et du carbonate de soude, on ajoute au mélange des rognures de verre. Il a une couleur verdâtre, on l'emploie comme verre à vitres ou verre à glaces.

Le verre à bouteilles. — Le verre à bouteilles est fait avec de l'argile, du sable ferrugineux, des cendres et des débris de

verre de toute nature. Il contient de l'alumine, de la magnésie, et de l'oxyde de fer qui le colore en vert.

Le verre de Bohême. — Le verre de Bohême diffère du verre ordinaire par substitution de la potasse à la soude, on l'obtient en fondant 13 parties de quartz, 2 parties de chaux vive et 6 parties de carbonate de potasse.

Le crown glass. — Le crown glass est un verre analogue au verre de Bohême, plus riche en potasse et en chaux, il est employé dans la fabrication des verres d'optique.

Le cristal. — Le cristal est un silicate double de potasse et d'oxyde de plomb, on l'obtient en fondant ensemble, du sable fin, du minium, et du carbonate de potasse.

Le flint glass. — Le flint glass est un cristal plus riche en oxyde de plomb.

Le strass. — Le strass est un cristal plus riche en plomb que le flint glass.

Les verres blancs opaques et les verres de couleurs sont obtenus par l'addition aux mélanges, de divers oxydes métalliques.

L'oxyde de cuivre donne le vert, l'oxyde de cobalt le bleu, le sous-oxyde de cuivre le rouge, l'oxyde d'uranium le jaune fluorescent, le manganèse le violet, etc.

Manière de faire du verre rouge sanguin.

Mettez dans un pot vernissé en blanc, six livres de verre de plomb et dix livres de verre commun, lorsque le verre sera bien cuit et purifié, mettez-y des écailles de cuivre rouge, mais avec précaution; remuez bien les matières pour qu'elles s'unissent; ajoutez-y ensuite du tartre rouge en poudre, jusqu'à ce que le verre devienne d'un rouge de sang. Si on trouvoit la couleur trop claire, on pourroit y remédier en y ajoutant un peu d'écailles de cuivre et de tartre[1].

Le verre est une substance amorphe dure et cassante à la température ordinaire, molle et pâteuse à une température élevée, incolore ou colorée.

1. D'après l'ouvrage de Néri, publié en 1612, traduit par Méret en 1752.

Le verre est très mauvais conducteur de la chaleur, c
qui occasionne les ruptures d'appareils en verre lo
ont été refroidis brusquement, voilà pourquoi il est néc
de recuire les pièces de verre à une douce chaleur. '
commencement du XVIII^e siècle on considérait encore l
comme un métal transparent.

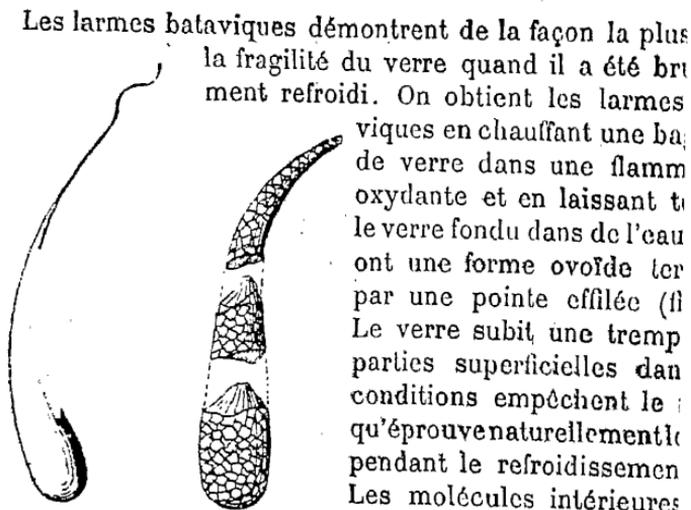
Le verre est appelé de ce nom parce qu'il est un
transparent et que les autres métaux sont opaques ; n'y
que le seul verre qui montre ce qu'il contient. Le nom d
que les François, les Allemans, les Bretons ou les Anglois,
donné est à cause qu'il contient en lui une couleur tirant
bleu céleste. Le mot de glace vient aussi de ce que le ver
semble à la glace que la rigueur de l'hiver congèle sur les
Outre que l'on peut dire que le verre paroit à nos yeux, c
une eau gelée, ce qui a fait dire à un auteur moderne, que
se rit de se voir enfermé dans le sein miraculeux de son
mie mortelle[1]. »

Les larmes bataviques démontrent de la façon la plus
la fragilité du verre quand il a été bru
ment refroidi. On obtient les larmes
viques en chauffant une ba
de verre dans une flamm
oxydante et en laissant t
le verre fondu dans de l'eau
ont une forme ovoïde ter
par une pointe effilée (fi
Le verre subit une tremp
parties superficielles dan
conditions empêchent le
qu'éprouve naturellement le
pendant le refroidissemen
Les molécules intérieures
restées écartées d'une
anormale. Cet équilibre in

Fig. 2.

se détruit dès que la résistance opposée par l'enveloppe
-ieure cesse.

1. *L'art de la verrerie* de Haudiquert (1718), t. I, p. 8.

Les larmes bataviques peuvent subir un choc sans se casser, mais il suffit de casser la pointe ou de rayer le verre en un point quelconque pour que toute la masse vole en éclats. On a remarqué que les cristaux formés après rupture sont à peu près disposés comme le montre le numéro 2, figure 2, ce qui indique la tension intérieure considérable exercée sur l'enveloppe.

La soude qui entre dans la composition du verre se trouve dans la nature (natron, nitre, sulfate de soude) ; on l'a tirée longtemps des cendres produites par la combustion d'une plante qui croît en abondance en Syrie, qu'on appelait kali, c'est probablement de là que vient le nom alcali improprement donné aux bases, ammoniaque, soude, potasse.

« Trois cents livres de ces cendres appelées rochettes donnaient 80 à 90 livres de sel ou soude[1] ».

D'après Haudiquert de Blancourt (1718), t. I, p. 78, 80.

Tout végétable qui fournit abondance de sel alkalifié est propre à faire le cristal et le verre. Plusieurs plantes peuvent servir à ce sujet, celles qui croissent sur les rivages de la mer sont toujours les meilleures parce qu'elles acquièrent beaucoup plus de sel par la proximité du lieu.

L'algue en est une qui se trouve presque sur toutes les côtes maritimes qu'aucuns appellent (Mousse de Mer). Cette herbe cueillie, si on la garde un peu long-tems fraîche on verra sur la superficie de ses petites feuilles un sel tout blanc, et assez imperceptible.

Etant ramassée et séchée on la brûle et ses cendres dont on tire le sel alkali ne sont pas moins bonnes à faire l'alun. Le sel de toutes sortes de cendres peut servir pour le verre commun, celui tiré de la cendre des chardons y sont bons. Entre les arbres, le meurier rend le meilleur sel, le genet épineux, les ronces, les épines, tous joncs et roseaux qui croissent dans les marais et dans les étangs, rendent aussi beaucoup de sel.

Les herbes amères, l'absinthe, le chardon bénit, la centaurée, la gentiane, les pavots rendent beaucoup de sel. Il semble que toutes les plantes qui ont des épines ou des aiguillons rendent le plus de sel et le meilleur.

1. Extrait de Georges Agricola (1561).

On obtient maintenant la soude, par des moyens chimi en partant du chlorure de sodium ; la potasse existe aussi la nature à l'état de combinaison

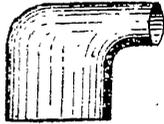



Fig. 3.

La silice (sable) est donc l'élément cipal du verre. Le verre est obtenu p fusion du mélange placé dans des sets, qui ont généralement la form cornues à col court (fig. 3), ils ont hauteur de 0m,50 à 1 mètre et sont fa la main avec de la pâte d'argile. Les grands creusets peuvent contenir jusqu'à 500 kilogram de verre fondu.

La figure 5 représente un four du xve siècle, ce four ne di pas sensiblement, par sa forme extérieure, au four mod

Fig. 4.

(fig. 4). Cependant de grandes améliorations ont été apport dans le système de chauffage qui se faisait autrefois au bo

on se sert maintenant de houille et des foyers gazogènes à récupération.

Fig. 5.

Le four employé de nos jours est le four Boëtus (fig. 6)

dont la disposition interne permet d'utiliser les gaz dégagés par la houille, ce qui donne une température plus élevée avec une économie considérable de combustible.

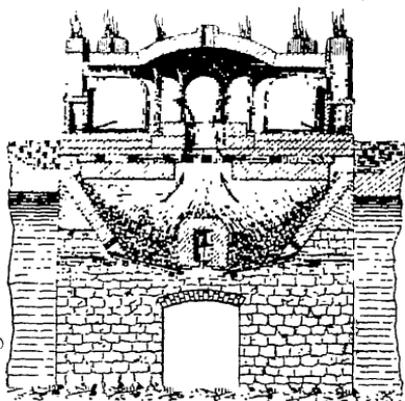



Fig. 6.

Les vitres.

L'utilisation des vitres paraît remonter à une époque très éloignée. On a retrouvé dans quelques maisons de Pompéi[1], des vitres assez bien conservées, dont la composition ne différait pas sensiblement de celle des vitres actuellement employées. D'après Louis Figuier, voici les résultats de l'analyse des verres de Pompéi, et en regard la formule pour le verre à vitre actuel.

	VERRES DES VITRES DE POMPÉI	VERRE A VITRE MODERNE
Silice.	69,45	69,6
Chaux	7,24	13,4
Soude	17,31	15,2
Alumine	3,55	1,4
Oxyde de fer	1,15	} 0,4
— de manganèse	0,39	
Cuivre.	traces	»
	100	100

Ce qui ne veut pas dire que toutes les fenêtres de la ville étaient garnies de vitres.

1. Ville de 30.000 habitants située au pied du Vésuve, ensevelie par une éruption du volcan en 79. Les fouilles furent commencées en 1748.

Ainsi au XVI^e siècle il n'y avait en Angleterre que les fenêtres des châteaux qui étaient garnies de vitres.

L'usage des vitres d'un seul morceau ne fut adopté, en France, que sous le règne de Louis XIV.

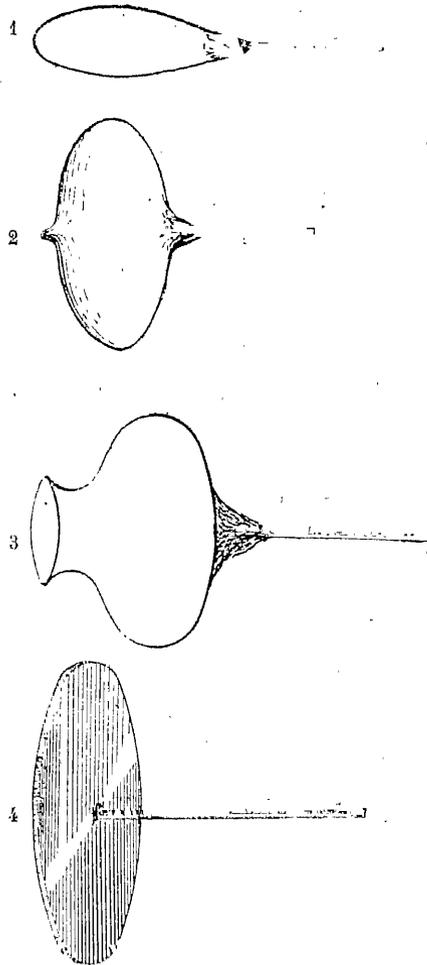
Vers le milieu du XVII^e siècle, Colbert songea à doter la France d'une fabrique de glace. Il séduisit à prix d'or des ouvriers de Murano, et une importante fabrique fut fondée à Tour-la-Ville près Cherbourg; on y produisit des glaces par le procédé de Venise.

Lucas de Nehou imagina, vers la fin du XVII^e siècle, un nouveau procédé pour la fabrication des glaces, il remplaça le soufflage par le coulage du verre.

Fig. 7.

Soufflage des vitres.

Procédé des plateaux. — Ce fut le premier procédé mis en usage pour la fabrication des vitres de petites dimensions.

L'ouvier plonge sa canne de fer dans le creuset, il y ramasse le verre en une ou plusieurs fois, puis il souffle dans la masse de verre dirigée vers le bas, ce qui donne la forme d'une poire (n° 1), il reporte la pièce au four, souffle à nouveau, ce qui donne la forme d'une poire (n° 2). La pièce est chauffée

au rouge à son extrémité, puis par un souffle rapide, elle est ouverte et prend la forme (n° 3). L'ouvrier maintient la pièce dans une immense flamme tout en tournant rapidement. La chaleur et la force centrifuge combinées, favorisent le déploiement du verre chaud, l'ouverture devient de plus en plus grande, pour enfin donner une table circulaire en verre, dont le diamètre peut avoir jusqu'à deux mètres, et une épaisseur à peu près uniforme (n° 4, fig. 7).

Nous avons tenu à indiquer ce curieux procédé, parce qu'il est employé dans le soufflage du verre au chalumeau pour la construction de divers objets, notamment pour faire les flacons à pied (voir fig. 111).

Procédé de Venise. — Ce procédé consistait à souffler des cylindres de verre (fig. 8) que l'on coupait dans la partie lon-

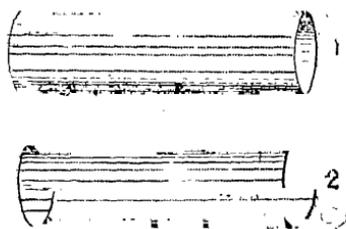



Fig. 8.

gitudinale, et que l'on plaçait dans des fours à étendre ; on aidait à l'aplanissement du verre au moyen d'un râteau en bois promené sur la surface chaude.

Procédé du coulage. — Le verre en fusion est versé dans des moules en fonte légèrement chauffés, ce procédé permet d'obtenir des glaces de très grandes dimensions.

Soufflage au moule.

Nous donnerons quelques détails seulement, sur la fabrication des bouteilles, ustensile indispensable qui nous sert jour-

nellement, ce qui donnera une idée suffisante sur la fabrication des objets moulés.

L'ouvrier cueille au bout de sa canne, le verre nécessaire pour faire la bouteille, il lui donne un mouvement de rotation ce qui fait prendre au verre une forme allongée, puis il place cette boule de verre dans le moule à charnière (fig. 9).

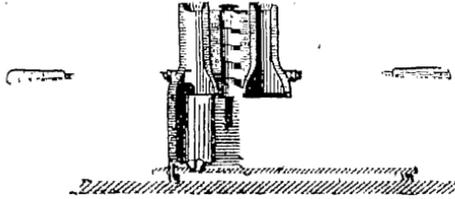



Fig. 9.

Un aide ferme le moule, l'ouvrier souffle par sa canne dans l'intérieur de la boule, ce qui oblige le verre à épouser exactement la forme du moule. Il ne reste plus qu'à enrouler de suite un filet de verre chaud à l'extrémité du col et à recuire la pièce au four.

Nous arrivons maintenant à la fabrication des tubes de verre ; ces tubes sont de tous diamètres depuis quelques millimètres jusqu'à 10 centimètres de largeur et même plus.

Ils ont une très grande application et servent à faire les appareils les plus variés et les plus compliqués, à l'usage des laboratoires scientifiques et industriels.

Fabrication des tubes de verre.

Quand la matière soumise à la chaleur est en fusion, un ouvrier plonge une canne de fer creux dans le creuset, rassemble à son extrémité le verre nécessaire, en une ou plusieurs fois, et souffle dans cette canne; la masse de verre se gonfle et prend la forme d'une poire. A ce moment un autre ouvrier applique, sur le fond de cette boule de verre rouge, le bout d'une autre canne garnie d'un peu de verre chaud ; les deux

ouvriers s'éloignent l'un de l'autre en tirant chacun de
côté, la masse de verre s'allonge, le verre conservant sa
cylindrique (fig. 10).

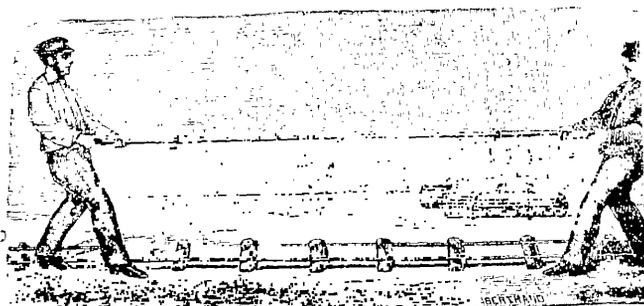



Fig. 10.

Les ouvriers s'arrêtent quand ils jugent que le tube de v
a obtenu un diamètre suffisant, diamètre d'autant plus
que les ouvriers se sont éloignés davantage. Comme le mo
la figure, le verre chaud est déposé sur les barreaux

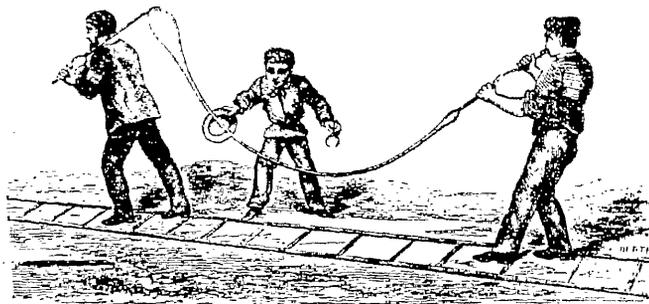



Fig. 11.

chemin de bois, puis coupé en morceaux d'égales longueur
mis en paquets pour être livrés au commerce.

Les tubes de verre destinés à supporter des pressions com
les tubes de niveaux de chaudière, par exemple, sont plac

dans des fours chauffés à une température convenable pour y subir ce qu'on appelle la recuisson.

On obtient des tubes qui ont jusqu'à 50 mètres de longueur, dont le diamètre est sensiblement le même d'un bout à l'autre.

La figure 11 représente trois personnes occupées à l'étirage d'un tube à section capillaire pour la fabrication des thermomètres ; le gamin agite un éventail pour refroidir les endroits où le tube s'amincit trop vite. Le trou central de ces tubes est quelquefois si petit qu'on a peine à le voir à l'œil nu.

Peinture sur verre.

Nous ne savons rien et nous ne saurons probablement jamais rien des origines de la peinture sur le verre. Dans les plus anciennes basiliques de l'Italie et de la Grèce, on voyait déjà des fenêtres ornées de verres de couleurs dont Prudence, Sidoine, Appollinaire, Grégoire de Tours, ont vanté l'éclat; mais ce n'était que des morceaux de verre teints enchâssés dans des plaques dormantes en pierre ou en bois.

Les vitraux à personnages apparurent tout d'un coup au xe siècle, Adalbéran, évêque de Reims de 969-988, rebâtit sa cathédrale et l'orna, dit Richer, de verreries représentant quelques histoires. « C'est ainsi que les beaux vitraux de la fenêtre centrale de la cathédrale de Reims représentent la Vierge et saint Jean, au-dessous le portrait de Henri de Braine archevêque, 1227-1240, avec son nom Anricus. De même, les vitraux de l'église Saint-Étienne-du-Mont sont d'une particulière beauté ; ils datent du xvie et xviie siècle. »

Théophile, prêtre et moine, qui vivait en 985 dit dans ses écrits « si la peinture à fresques est l'art de la Grèce, la peinture sur verre est l'art de la France ».

Mais lors de la reconstruction de Saint-Denis par l'abbé Suger, il arriva de tous les coins de la France et peut-être même de l'étranger, les peintres, les architectes, les sculpteurs les plus habiles, qui pendant plusieurs années, s'exaltèrent, s'admirèrent et s'envièrent. De cette école d'architec-

ture gothique et de sculpture monumentale, sont sortis de véritables artistes qui se répandirent dans le domaine royal o commençaient à s'élever les cathédrales.

Les vitraux que l'abbé Suger fit faire pour sa basilique furen mis en place de 1140 à 1144[1]. Nous ne parlerons pas davantage de la peinture sur verre ce serait sortir du but que nou nous sommes proposés.

Miroirs

Si les miroirs sont faits aujourd'hui en verre il n'en fut pas toujours ainsi. D'après Haudiquert il y aurait environ 400 ans que furent inventés les miroirs de cristal. Avant ce temps-là les dames ne se servaient que de miroirs d'acier, de cuivre, ou de marbre très bien polis. Ces miroirs étaient en usage depuis bien des siècles, puisque l'histoire nous apprend que les dames s'en servaient à l'époque d'Ozias Roy de Juda, qui vivait vers la quatre ou cinquième olympiade des Grecs, quatre ou cinq ans avant la fondation de Rome, et 764 ans avant l'ère chrétienne.

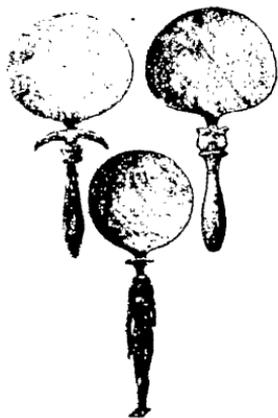



Fig. 12.

Haudiquert de Blancourt (1718) indique la manière de faire les miroirs concaves ou convexes, sphériques appelés miroirs ardents.

Avant de parler des miroirs métalliques nous dirons qu'il s'en fait même de verre, c'est-à-dire qui rassemblent également les rayons du soleil avec lesquels on peut allumer un flambeau, embraser le bois et toutes les choses combustibles et même fondre les métaux en fort peu de temps aussi parfaitement que dans un

1. *Histoire de l'Art*, Henri Michel (1906), t. II.

creuset au fourneau à vent ou à la forge. Tout le mistère ne dépend que des moules, qu'il faut faire de moules ronds autrement ils ne pourroient assembler les rayons du soleil.

Le même auteur donne les détails suivant sur la fabrication des miroirs métalliques.

La matière de ces miroirs à laquelle on a donné le nom d'acier quoiqu'il n'y en entre point du tout, doit être composée d'une matière dure et blanche, car plus la matière est dure, meilleure en est le miroir, et plus aisé à polir. A l'égard de la blancheur elle ne seroit pas nécessaire si le miroir ne servoit qu'à l'usage de brûler, mais comme il peut servir à beaucoup d'autres usages, s'il avoit trop de rouge ou trop de noir, il changeroit les espèces et les couleurs des objets qui lui seroient opposées, ainsi vous les ferez de cette manière.

Prenez trois livres de cuivre, une livre d'étain, une demi-once d'arsénic, une once de tartre. Fondez d'abord le cuivre, puis jetez l'étain dedans, autrement il s'en perdroit, car l'étain s'évapore dans la fonte, aussi l'étain le retient. Les deux métaux s'étant fondus ensemble, il faut y jeter l'arsenic et le tartre, et laisser en fonte deux ou trois heures puis jeter dans le moule. On doit ensuite polir tous ces miroirs.

Procédé pour l'étamage du verre par l'abbé Nollet, d'après l'*Encyclopédie Méthodique des arts et métiers mécaniques*, page 571.

Il faut pour cet amalgame deux parties de mercure une de bismuth, une de plomb et une d'étain, vous procéderez de la manière suivante :

Faites fondre l'étain et le plomb ensemble dans un creuset, ajoutez-y le bismuth écrasé en petits morceaux et quand celui-ci sera fondu, mettez-y le mercure que vous aurez purifié auparavant, laissez refroidir ce mélange, quand vous l'aurez écumé, et vous l'emploierez en le faisant couler successivement et lentement, sur toutes les parties de la surface du verre, qui doit être bien nette, bien sèche et peu chauffée.

Miroir.

Étamage des glaces.

Le procédé à l'argent ne fut pas toujours employé pour fai les miroirs ; pendant très longtemps, on appliquait sur une d faces de la glace, un métal réfléchissant le mercure. Le me cure est un métal liquide ; on le rendait fixe et solide en l'ama gamant avec l'étain.

On procédait de la façon suivante : sur une pierre ou sur u marbre placé de niveau, on étalait sans plis une feuille d'étai de la grandeur de la glace à étamer. Sur cette feuille on ve sait la quantité de mercure nécessaire. La glace était placé tout près de la feuille d'étain, puis on recouvrait la glace d'un flanelle ou d'un drap chargé de poids lourds. L'excès de me cure était chassé en dehors de la glace, et après vingt-quatr heures, l'adhérence du tain au verre était opérée, il n'y ava plus qu'à laisser sécher.

Ce procédé avait un effet déplorable sur la santé des ouvrier il fut remplacé par le procédé à l'argenture.

M. Drayton, en 1850, substitua l'argent au mercure, l'opéra tion consiste à déposer sur la surface de la glace une dissolu tion d'azotate d'argent mélangée d'une certaine quantité d'al cool et d'huile essentielle. La glace placée sur une table de font légèrement chauffée, est recouverte de la solution. Le mélang d'alcool et d'huile essentielle réduit l'oxyde d'argent à l'éta métallique ; l'argent se fixe sur la glace et y adhère avec force

M. Petit Jean, 1857, fabricant français, a substitué à l'huil essentielle, l'acide tartrique additionné d'ammoniaque. C procédé donne une précipitation plus régulière de l'argent.

Dorure sur verre.

Théophile, prêtre et moine, *Diversarum artium schedulæ* livre II, en 985, c'est-à-dire au x^e siècle, donne des indica

tions intéressantes sur le verre, nous reproduisons ci-dessous une de ses notes.

CHAPITRE XIII

Les Grecs font avec les pierres de saphir des coupes précieuses pour boire. Voici comment ils les ornent d'or. Prenant de la feuille d'or, ils en fabriquent des images d'hommes, d'oiseaux, d'animaux ou de feuillages et les posent avec de l'eau partout où ils veulent. Cette feuille doit être un peu épaisse, ensuite ils prennent du verre très clair, comme du cristal, qu'ils coupent eux-mêmes, et qui, en sentant la chaleur se dissout. Ils le broient soigneusement sur une pierre de porphyre avec de l'eau et en appliquant avec le pinceau une couche très fine sur toute la feuille. Lorsque cela est sec, ils le placent dans le fourneau dans lequel se cuit le verre et mettent dessus du feu avec des bois de hêtre parfaitement séchés à la fumée. Quand ils voient la flamme pénétrer la coupe au point qu'elle prenne une légère rougeur, aussitôt enlevant le bois, ils bouchent le fourneau jusqu'à ce qu'il se soit refroidi et l'or ne se détachera jamais.

Manière d'appliquer sur le verre une dorure qui pénètre (Nerri-Merret).

Faites dissoudre du borax dans de l'eau chaude, enduisez le verre avec cette solution à volonté, appliquez votre or ; si c'est un verre à boire, remplissez-le de sel, exposez-le sur une plaque de fer, à une chaleur convenable, le borax se mettra en fusion, et l'or ne s'en séparera plus, c'est une des meilleures manières de dorer le verre.

Dorure du verre sans le mettre au feu.

Prenez de la gomme arabique et de la gomme ammoniaque, du vert-de-gris, du minium, un peu de craie, un peu de vernis, du miel, broyez le tout avec de l'eau de gomme fort épaisse sur une pierre, tracez avec ce mélange de l'écriture ou des fleurs ; appliquez l'or, faites bien sécher l'ouvrage que vous pourrez polir avec une dent de loup ou un brunissoir.

Manière de dorer le verre d'après l'art de la verrerie d'Haudiquert de Blancourt, t. II, p. 149.

Il faut prendre tel objet de verre que l'on désirera, mouiller d'eau de gomme tous les endroits que l'on voudra dorer, puis y

appliquer les feuilles d'or et laisser un peu sécher. Ensuite faut un peu baigner cet or, avec l'eau dans laquelle on aur fait dissoudre du borax, et le soupoudrer aussitôt de poudre d verre impalpable, puis le mettre à parfondre au fourneau, e l'échauffant doucement et le faisant rougir, tant que le verr dont on a soupoudré l'or, soit fondu et coulé. Alors il faut retire l'objet du feu en le laissant refroidir doucement à l'entrée, et oı aura la plus belle dorure sur le verre qu'on puisse jamais y em ployer, qui seroit capable de résister à toutes les injures dı tems sans aucune altération, si la matière étoit moins fragile.

Le procédé de la gravure sur verre aurait été trouvé vers 1790 par M. de Puymaurin, d'après *l'Encyclopédie méthodique des arts et métiers mécaniques,* t. VIII, MCCCX, page 567.

M. de Puymaurin ayant observé que l'acide « spathique » ou fluorique a sur le verre presque autant d'action que l'eau forte et les autres acides ont sur le cuivre, et les autres métaux, il imita le procédé des graveurs sur cuivre à l'eau forte et il couvrit une glace d'un enduit de cire, il dessina quelques figures, recouvrit le tout d'acide fluorique, et l'exposa au soleil. Il vit bientôt les raies qu'il avoit gravés se couvrir d'une poudre blanche produite par la dissolution du verre. Au bout de quatre ou cinq heures, il détacha l'enduit et lava la glace. Il reconnut la vérité de ses conjectures et fut assuré que, par le secours de l'acide fluorique, on peut graver sur la glace et le verre le plus dur, comme on grave à l'eau forte sur le cuivre. Les gravures sur des glaces épaisses ou des verres auroient l'avantage de pouvoir se garder longtemps sans être endommagés comme le cuivre, qu'on ne réussit pas à garantir de la rouille produite par la seule humidité de l'air.

Rodage à l'émeri.

Aucun document ne permet de fixer la date à laquelle commença le bouchage à l'émeri, cependant il est donné dans l'*Encyclopédie Méthodique des Arts et Métiers mécaniques*, 1791, page 554, une explication sur le polissage à l'émeri, le bouchage à l'émeri a dû se faire aussitôt après.

Pline (L. XXVXI, CXXVI) donne une explication sur les différentes façons dont les anciens préparoient le verre, dans ce nom-

bre il parle du verre qu'on tournoit de son temps et qu'on travailloit au tour.

M. Murauld indique la manière de tourner le verre :

Lorsqu'on travaille le verre avec l'émeri ou avec la ponce on ne manquera pas d'humecter l'un et l'autre avec de l'eau commune, il ne faut ni noyer, ni laisser la matière trop sèche, si on les noyait trop le lavage feroit perdre l'émeril, parce que l'eau l'entraîneroit, si on laissoit l'émeril trop sec il ne formeroit qu'une boue trop épaisse.

Soufflage du verre au chalumeau.

Nous avons décrit d'après les renseignements que nous avons recueillis, les diverses phases de l'industrie du verre. Nous nous sommes efforcés par des exemples, de donner quelques notions sur sa fabrication.

La partie que nous allons aborder n'est pas moins intéressante, nous voulons parler du soufflage du verre au chalumeau. Si cette industrie était presque ignorée au commencement du XVIII^e siècle, elle a acquis de nos jours une très grande importance.

D'après ce que nous verrons plus loin, ce n'est guère que vers 1790, époque où le grand chimiste français Lavoisier élabora les lois de la chimie, que commença l'utilisation des appareils de verre construits au chalumeau.

La chimie, sous l'impulsion de ce grand savant, allait prendre une extension considérable avec le concours de la verrerie, mais à la fin du XIX^e siècle cet essor se transporta en Allemagne ; ce pays qui créa des spécialistes dans toutes les branches de la verrerie, et combina par l'assemblage de ces rouages, une véritable organisation, capable d'inonder tous les marchés de verreries diverses.

C'est en France qu'est née la chimie avec Lavoisier, Berthollet, Gay-Lussac, Dumas, Pasteur, Berthelot et tant d'autres. Il est à souhaiter que l'industrie du verre, son auxiliaire indispensable, y reprenne la place qui lui est due.

Il faut dans l'intérêt général, faire l'impossible pour faire

connaître la valeur et l'importance que pourra prendre belle industrie. Indépendamment de très nombreux app utilisés dans les laboratoires scientifiques industriels, con d'appareils ou pièces détachées en métal, pourraient être placés par le verre qui coûte meilleur marché.

Mais, à notre avis, *il n'y a pas assez contact entre le tra leur de laboratoire, celui qui imagine, et le souffleur de ve celui qui exécute*. Il existe aussi une lacune chez le chimiste ne connaît pas suffisamment le travail du verre. Nous ne vou pas dire par là que le chimiste devrait construire tous appareils, il a un rôle plus important à remplir, mais il p rait néanmoins établir ses modèles. Le souffleur exécu l'appareil d'autant plus facilement que le modèle correspon exactement aux données de l'auteur, puisque c'est lui qui l'a établi dans sa forme rudim taire.

Fig. 13.

Cette industrie dans ces c ditions, prendra une imp tance énorme, puisque cha y apportera le fruit de recherches, et toutes ces cr tions nouvelles assureront travail à la classe intéressa et laborieuse des souffle de verre.

Nous y voyons aussi u source d'occupation pour mutilés de la guerre, qui tro veront là une profession p fatigante, agréable et t rémunératrice. La figure montre deux mutilés s'ex çant au travail du verre au laboratoire de chimie de l'Éc de Médecine de Paris, où nous avions avec la collaborati de M. Hildt créé un service de rééducation.

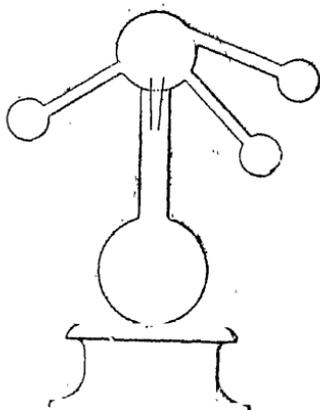
Lorsque l'on considère les appareils en verre en usage da les laboratoires modernes, on se demande comment l'esp

humain fut amené à concevoir et à réaliser des outils si bizarres ; à quelle époque a-t-on commencé à les construire ? qui le premier en a eu l'idée ? Il est difficile d'y répondre, l'évolution s'est faite petit à petit, sans qu'il soit possible d'y fixer des étapes déterminées.

Le développement des appareils de laboratoire est lié intimement à l'histoire de la chimie ; beaucoup de grandes découvertes n'ont été possibles que grâce à la création d'instruments nouveaux, et combien de précurseurs de génie ont posé les principes d'expériences, qui ne purent être réalisées que longtemps après, uniquement pour des raisons d'ordre technique.

Plus de 2 000 ans avant Jésus-Christ les hommes connaissaient le verre et savaient le travailler, le souffler, le souder. Les peintures des hypogées de Beni-Hassan en font foi ; et il est si tentant d'effectuer les opérations que l'on veut étudier, dans des récipients transparents au travers desquels il est possible de suivre la marche des phénomènes, qu'il n'est pas étonnant de rencontrer des instruments en verre dans l'arsenal des plus anciens alchimistes.

Fig. 14.

Dans le livre sur les fourneaux et instruments de chimie de Lozime le Panopolitain (fin du IIIe siècle) on trouve la description d'appareils en verre déjà très compliqués. Par exemple, le Tubicus, alambic à trois ballons, dont il donne une des figures ci-dessus n° 14. Le gros ballon inférieur était généralement en terre, quelquefois en verre, mais le ballon supérieur et les trois ballons latéraux étaient presque toujours en verre, les tubes de communications étaient en métal, les joints faits avec du lut d'argile ; ces appareils étaient d'ailleurs employés bien avant lui.

Les alchimistes du moyen âge se servaient surtout de
nues, d'allonges et de ballons, et réalisaient à l'aide de
seuls instruments des appareils très compliqués. Ils se
vaient aussi de tubes de verre pour faire circuler les gaz et
vapeurs, mais l'usage n'en était pas encore très répandu.
trouve même dans les œuvres de Raymond Lulle la descript
d'un appareil à boules destiné à retenir les produits de la
tillation, et ressemblant au tube à boule de Liebig.

Lavoisier, en 1790, se servait d'appareils encore très e
ployés à l'heure actuelle ; flacons laveurs à plusieurs tubulu
tubes à entonnoir, tubes de dégagement courbés, tubes
sûreté, etc. Ainsi la description qu'il donne dans son traité
chimie de l'appareil à hydrogène par action de la vap
d'eau au rouge sur le fer, est exactement semblable à ce
que l'on trouve dans tous les manuels modernes. A ce
époque on construisait déjà beaucoup d'appareils de chimie.

A l'époque de Berzélius et de Gay-Lussac, 1840, on sav
fabriquer presque tous les appareils en usage actuellement
semble que le rodage à l'émeri, et la soudure de différent
pièces, étaient encore peu répandus, c'est également de ce
époque que date l'emploi de la verrerie graduée fine te
qu'elle est encore en usage de nos jours. Le principal outil
souffleur était alors la lampe d'émailleur à huile. Bien q
depuis 1820, l'usage du gaz d'éclairage se fût répandu dans
plupart des grandes villes, il faut arriver jusqu'à Bunsen, 186
pour voir le chauffage au gaz entrer dans les laboratoires,
même jusque dans les dernières années du XIX^e siècle le ch
lumeau du souffleur actuel n'avait pas encore détrôné compl
tement la lampe d'émailleur.

Enfin, jusqu'à ces derniers temps, le cristal était le verre
plus employé dans la fabrication de la verrerie soufflée
forme un peu compliquée ; l'emploi du verre à base de soud
très fusible genre verre Thuringe est relativement très récen
Il est très vraisemblable que ce dernier sera détrôné à son tou
par le quartz qui est incontestablement le verre de l'aveni
ses nombreuses qualités physiques et chimiques le feront em
ployer presque exclusivement lorsque son prix pourra êtr

abaissé, et surtout lorsqu'on aura trouvé le moyen de l'empêcher de passer de l'état amorphe à l'état cristallisé, au-dessus de 1200°, sans lui faire perdre sa transparence et ses autres qualités physiques.

On trouve dans l'*Encyclopédie Méthodique des arts et métiers mécaniques*, t. VIII, 1791, les renseignements suivants dont nous respectons le style et l'orthographe de l'époque.

On peut à l'aide du feu maîtriser le verre au point de le forcer à recevoir presque toutes les formes. Un feu ordinaire ne suffiroit cependant pas à moins que la pièce ne fut très mince et qu'il ne s'agit que d'un changement léger, pour un changement plus grand on a besoin de plus d'activité...

Un souffle continue, et qui dirige la flamme sur la partie qu'on veut travailler produit cette augmentation de chaleur. L'explication s'en offre d'elle-même, d'abord la flamme par cette impulsion se rassemble dans un espace assez resserré, elle devient plus dense, et son mouvement est naturel et de beaucoup accéléré, ces circonstances doivent la rendre plus énergique..,

De tout ce qu'on a imaginé pour exciter ce souffle, l'agent le plus simple est le chalumeau à bouche, soit de verre soit de métal.

On le fixe sur une table au haut d'un petit support avec l'attention que la pointe réponde au feu de la lampe, par là on se ménage la liberté des mains. Il est bon qu'à un pouce de cette pointe on ait pratiqué d'avance un renflement qui serve de réservoir à l'air et retienne la salive qui s'échappe en soufflant. Pour la facilité de l'attitude le tube en cet endroit doit être recourbé de manière à présenter un angle de 120 à 140 degrés.

Mais un long usage du chalumeau devient fatigant. L'éolypile lui est infiniment préférable. Ce second moyen inventé depuis peu d'années ,en 1755, est ingénieux et peu en tant d'occasions être utile qu'il mérite de ma part quelques détails particuliers.

Le dictionnaire de physique fait connaître cet instrument dont la matière ordinaire est le cuivre. La forme représente généralement ou une boule ou une poire, mais cette figure est absolument arbitraire de même que son diamètre, auquel on peut donner depuis deux jusqu'à trois pouces. L'essentiel est qu'il soit creux et qu'il ait peu d'épaisseur, et qu'il soit garni d'un bec coudé et percé du plus petit trou possible. Ce bec qu'on monte à vis porte un épaulement pour mieux s'appliquer, et la jonction est parfaite, si entre le vase et l'épaulement. on interpose une rondelle de cuir

aminci. Je puis, je crois, m'abstenir d'observer qu'au poi l'écrou le vase a besoin d'être renforcé.

Trois colonnes légères et placées triangulairement sur une commune, soutiennent au sommet une zone ou cercle dans l repose l'éolypile. Au centre de cette base, on place une très lampe dont le coton n'excède pas en grosseur un grain d'a on le remplit ou de fine huile ou d'esprit-de-vin, et les c doivent être rangées de manière que la flamme atteigne ju l'éolypile placé dans son cercle. Le cercle et les colonnes so fer blanc qu'on enjolive ordinairement de couleurs.

Si l'éolypile est au tiers rempli d'eau-de-vie et que la mèche dessous soit allumée, il s'échappe de l'extrémité du bec un s plus puissant, plus suivi que celui de la bouche muni du c meau, et l'artiste (car à cette époque les travailleurs du étaient considérés comme des artistes, et en effet pour trav le verre avec des appareils aussi rudimentaires, ces ouv étaient doués d'aptitudes spéciales) absolument libre n'a s'épuiser pour le produire.

Enfin ceux que n'efraieroit point un attirail plus grand, pou adopter l'usage du soufflet à double âme.

Les trois moyens ci-dessus rendront le verre traitable. Le décidera entre eux, quant à la lampe à souder elle sera touj la même soit qu'on employe le soufflet, l'éolypile ou le chalum

Voici la description de l'éolypile, d'après l'*Encyclopédie thodique de physique*, MDCCCXIX, page 103.

Vase de métal creux terminé par un tuyau recourbé dont l'ou ture est très étroite. Ce vase auquel on donne la forme d

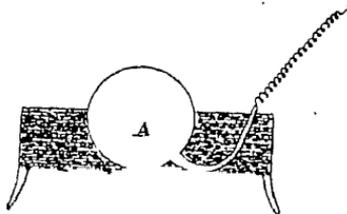



Fig. 15.

boule A (figure 15) étant remplie d'eau et disposé à un feu charbon bien allumé, produit par son bec un souffle très lent. Ce souffle est formé de la vapeur abondante qui se forme la chaleur et qui se dégage par la petite ouverture.

Quelques auteurs anciens ont voulu attribuer ce souffle à l'

dilaté par l'action du feu, mais si l'on remplit le vase, la quantité d'air qu'il renferme, est excessivement petite et bientôt chassé au dehors, le souffle dure cependant jusqu'à ce que tout le liquide soit vaporisé, d'ailleurs si au lieu d'eau, on met dans l'éolypile de l'alcool, des huiles essentielles, la vapeur qui se dégage, s'enflamme, et forme un très beau jet de lumière qui s'élève à une hauteur plus ou moins grande et qui dépend de la force avec laquelle la vapeur sort.

Trompe soufflante industrielle, d'après *l'Encyclopédie méthodique des arts et métiers*, page 731, MDCCCXXII.

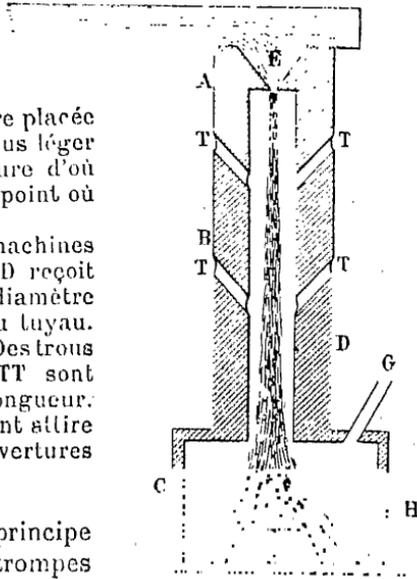
C'est un tuyau vertical (figure 16) dans lequel un courant d'eau circule. Ce mélange d'eau et d'air tombant dans un réservoir se sépare, l'eau plus pesante tombe au fond et s'écoule par une ouverture placée au bas de la caisse, l'air plus léger occupe la partie supérieure d'où il doit être dirigé vers le point où il doit être employé.

Fig. 16.

Dans ces sortes de machines soufflantes, le tube ABCD reçoit un entonnoir E à un diamètre moins grand que celui du tuyau. On le nomme étranglion. Des trous ou trompillons sont TTTT sont percés en haut et sur la longueur.

L'eau par son mouvement attire l'air qui entre par les ouvertures TTTT et sort par G.

C'est en utilisant ce principe qu'on a pu construire les trompes soufflantes de laboratoires, ainsi que l'a fait Damoiseau, le premier à notre connaissance.

On donne ensuite, *loc. cit.*, quelques indications sur la manière de travailler le verre — d'ailleurs assez bien détaillées — nous reproduisons ci-dessous ce qu'il est dit sur la manière de faire une boule.

Enfler un tube.

Scellez le tube que vous voulez enfler et fondez à l'extensi que le globe doit donner à la matière. Il est évident que plus cet extension sera considérable, et plus le globe perdra de sa sol dité. Dans le cas présent ce seroit un défaut mais auquel il e aisé de parer. Chauffez le bout fermé ; pressez modérément cont la pointe, tout instrument convient ici. Cette pression, en raccou cissant le tube, en le refoulant sur lui-même augmentera néce sairement l'épaisseur et ses parois, et cette addition du verre fav risera le développement désiré. Gardez-vous toutefois de bouche l'intérieur. Soufflez-y de moment en moment de manière à con server un vide au milieu de la petite masse. Le globe alors se for mera sans peine. Il suffira d'en chauffer la matière jusqu'au blanc et de porter au plus vite le tube à la bouche en le tenant vertica lement un nouveau souffle achèvera l'ouvrage. Mais que l'œil n soit jamais distrait et qu'il arrête la bouche à propos. Le renfle ment pourroit aller au delà de vos vues.

D'après les mêmes principes vous construirez dans un instant l'éolypile dont j'ai parlé. Choisissez seulement un tube assez épais et à cause du plus grand développement à donner au globe, vous renforcerez davantage la petite masse de verre. Pour la formation du bec il ne s'agit que d'amollir le tube à un pouce du renflement et de l'allonger comme il a été dit. Avec l'angle d'une lampe on retranchera la portion inutile, la flamme et les mains imprimeront au tube la courbure dont il a besoin [1].

Manière de travailler l'émail ou verre très fusible. — Dans les ouvrages que l'on fait, se travaillent au feu d'une lampe, ou l'on met pour huile de la graisse de cheval fondue. Ce sont les chiffonniers qui apprêtent et vendent cette huile. La lampe (fig. 17) qui est de cuivre ou de fer blanc est composée de deux pièces, qu'on appelle la boëte, et l'autre qui garde le nom de lampe qu'est une espèce d'oval plat de deux pouces de longueur et de deux de hauteur qu'on met l'huile, d'où sort la mèche. La boëte dans laquelle la lampe est enfermée ne servant qu'à recevoir l'huile que l'ébullition causée par l'ardeur du feu pourroit faire répandre ; une pièce carrée d'un pouce de hauteur soutient ces deux pièces.

Une table (fig. 18) large et haute à discrétion sert à mettre cette lampe, ou même encore trois autres si quatre ouvriers

1. *Encyclopédie méthodique. Arts et métiers mécaniques*, t. VIII, p. 564, Paris, 1791.

y veulent travailler en même temps. Dessous la table et presque dessous le milieu de la hauteur est un double soufflet d'orgues, que l'un des ouvriers fait hausser et baisser avec le pied pour exciter et aviver la flamme des lampes qui par là est portée à un degré d'ardeur et de vivacité presqu'incompréhensible.

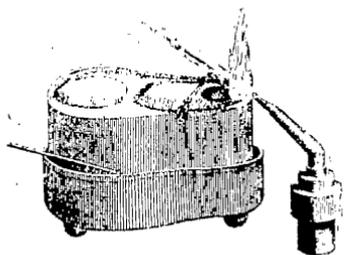
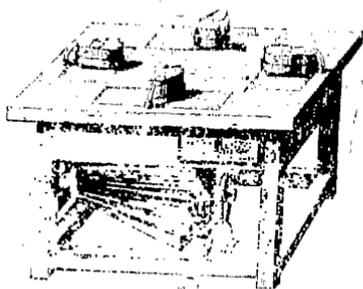



Fig. 17. Fig. 18.

Des rainures faites avec une gouge dans l'épaisseur du dessus de la table et recouvertes de parchemin servant à communiquer le vent du soufflet au tuyau que chaque lampe a devant elle. Ces tuyaux sont de verre et afin que les émailleurs ne soient point incommodés de l'ardeur de la lampe, chaque tuyau est couvert à six pouces de distance d'une petite platine de fer blanc qu'on nomme éventail avec une queue de bois qui se met dans un trou percé sur la table[1].

Le soufflage du verre à la lampe remonte à une époque que nous ne connaissons pas exactement. Cette figure a été empruntée à l'ouvrage *Bibliothéca chemica curiosa*, publié à Genève, par Manget, en 1702 et c'était déjà une reproduction. Probablement que la table de souffleur que nous mentionnons plus loin n'existait pas encore, car on remarque que la personne souffle par un tube dans la flamme de la lampe pour activer la chaleur et pouvoir travailler sur le col de la bouteille qu'elle tient entre ses mains.

1. Extrait du *Dictionnaire Universel du commerce*, par Savary des Bruslons, 1723, t. I, col. 1860.

Haudiquert de Blancourt, 1718, qui traite l'art de la verre sous toutes ses formes, ne fait pas mention du soufflage verre à la lampe.

Fig. 19.

Nerri, Merret et Kunckel (1752) donnent quelques indication sur le soufflage du verre à la lampe, mais ils considèrent c travail comme un agrément.

Quoi que l'art de souffler le verre à la lampe ne soit pas un des plus importantes inventions de la verrerie, c'est toutefoi une source abondante d'opérations amusantes.

On commencera par avoir plusieurs tubes ou petit tuyaux de bon verre blanc bien pur et d'autres verres de toutes sortes de couleurs. Quoiqu'ils soient creux, il faut qu'ils aient quelques épaisseurs. On pourra les commander dans une verrerie, il n'y a point de meilleure matière pour les faire que des morceaux de verre de Venise cassés.

Puis il décrit la table de souffleur qui est la même que celle représentée par la figure 18. Il recommande cette table aux chimistes non pas pour travailler le verre, mais pour faire des réductions, pour obtenir une chaleur suffisante et fondre les minerais posés dans une cavité pratiquée sur un charbon de bois, en un mot pour mettre en œuvre les diverses opérations de l'analyse par voie sèche.

La planche 1, figure 20, représente l'intérieur d'une boutique ou

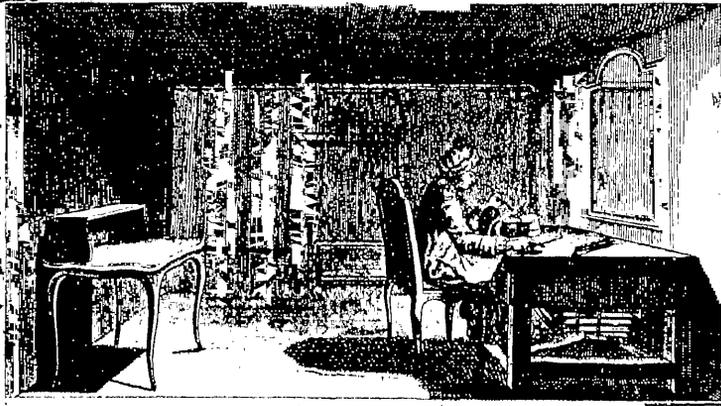



Fig. 20.

d'un cabinet dont les jours sont fermés par des rideaux afin que le souffleur puisse mieux voir la flamme de la lampe. Le souffleur

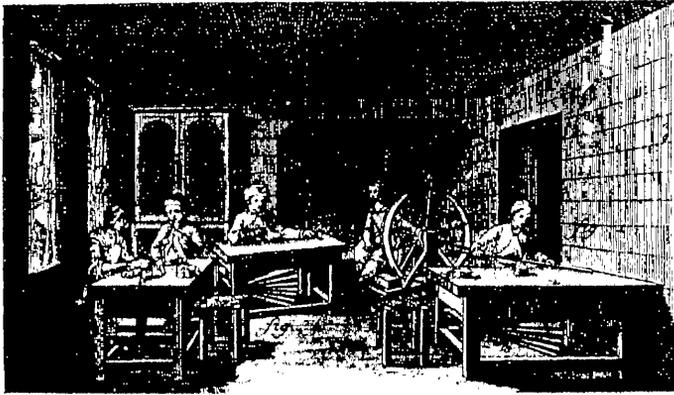



Fig. 21.

tient l'ouvrage de la main gauche dans la flamme de la lampe.

Dans la planche 2, figure 21, le n° 4 montre un ouvrier fai-

sant du fil de verre, une personne tourne un rouet sur leq
le fil s'enroule[1].

En 1819, on se sert encore de la lampe d'émailleur, l'in
nieur Chevalier en parle dans l'*Art de l'Ingénieur*, pages 1,

> Le verre se travaille et se souffle au moyen d'une lampe, u
> grosse mèche ronde en coton filé d'environ 33 centimètres
> longueur est mise dans la lampe ; on fait ressortir les deux bo
> par le trou, on introduit l'huile, on emploie ordinairement ce
> de navette, mais il est préférable de se servir de celle conn
> dans le commerce sous le nom d'huile de quinquets, elle fa
> moins de fumée, donne moins d'odeur. Il est à remarquer qu
> l'huile d'un an charbonne la mèche plus fortement que l'huile
> deux ans. La différence est de 13 à 17 ; elle brûle donc plus d'u
> quart en sus, cela tient au carbone des matières étrangères co
> tenues dans l'huile.

Vers 1860, on imagina le chalumeau articulé indiqué figure 22
Ce système ne donnait pas une flamme suffisante pour l
travail des grosses pièces de verre. Il fut donc remplac
par le chalumeau de souffleur muni d'injecteurs cylindrique
(fig. 23).

1. Figures extraites du *Recueil de planches sur les Sciences et les Art* de 1765.

DEUXIÈME PARTIE

PROCÉDÉS DE SOUFFLAGE DU VERRE
NFECTION DES ORGANES PRINCIPAUX DES APPAREILS

_e verre doit être amené à l'état pâteux pour pouvoir être tra-llé. On produit le chauffage dans les laboratoires, par la com-stion du gaz d'éclairage dans un bec de gaz Bunsen, dans bec papillon, mais surtout et plus avantageusement dans chalumeau.

_e chalumeau est un appareil où l'oxygène de l'air nécessaire a combustion totale du gaz est injecté par un soufflet puis-nt mû par le pied (voir fig. 46).

_'air arrive dans le chalumeau par le tube central tandis que gaz arrive pur et circule dans la partie annulaire. La flamme plus chaude à la pointe que près du chalumeau.

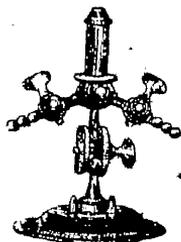



Fig. 22.

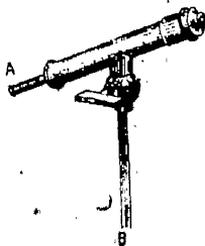



Fig. 23.

l existe plusieurs dispositifs de chalumeau à gaz, le chalu-au ancien type (chalumeau articulé, fig. 22) est muni de érents tubes injecteurs d'air appelés buses pour donner erses flammes de longueur et de largeur variables. Les

buses sont fixées ordinairement sur le pied du cha
ont des diamètres variables de l'une à l'autre.

Le chalumeau de « souffleur » (fig. 23), au contrai
d'injecteurs cylindriques interchangeables alors qu
type articulé la buse peut seule être changée. Sa s
vient de ce qu'il donne une fla
régulière et plus puissante. I
6 injecteurs (fig. 24) que nous r
rons de 1 à 6 par grandeurs cr
pour faire des petites soudure
cer un tube par exemple, l'on p
n° 1, c'est-à-dire le plus petit;
mer un tube et en faire un tub
l'on se servira du n° 2; pour
petits ballons le n° 3; enfin pou
gros ballons et en général pour
vail avec de gros tubes, l'on uti

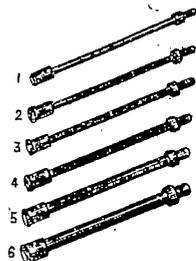



Fig. 24.

plus gros injecteurs 4, 5, 6. Tandis que le chalumeau
est indépendant de la soufflerie, le chalumeau de so
est fixé.

Pour qu'une soufflerie alimentant un chalumeau fl
tionne d'une façon plus efficace, il est bon d'en surch
soufflet d'une masse de 2 à 3 kilogrammes suivant la p
de la soufflerie.

L'orifice de sortie de l'air restant le même, mais le
redescendant beaucoup plus vite que précédemment,
s'échappe est plus comprimé et par suite la flamme d
meau plus chaude puisque la combustion est plus viv

On pourra substituer à la soufflerie l'air comprimé
dans presque tous les laboratoires de Paris, ou la
soufflante dont la puissance est en rapport avec la p
d'eau. La trompe que nous mentionnons plus loin
suffisante pour alimenter un chalumeau; pour que l'a
soit moins coûteux, il suffit de remplacer la partie méta
par une trompe en verre de gros débit. (Une bonne
soufflante est une trompe qui aspire beaucoup d'air m
ne conviendrait pas pour faire un bon vide. (Voir trompe

Trompe soufflante.

La trompe soufflante que nous décrivons ici est constituée essentiellement par un cylindre métallique (fig. 25, 2, 3) à l'intérieur duquel a été ménagée une cavité C en communication par ses faces supérieures et inférieures avec deux tubes

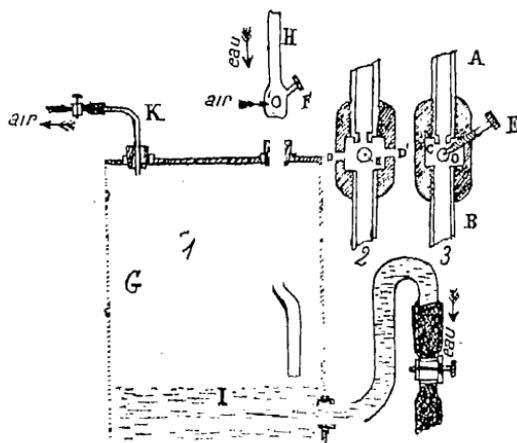



Fig. 25.

A et B également métalliques et vissés ou soudés au cylindre. La cavité C est percée sur ses faces opposées d'un ou plusieurs trous circulaires D, D′ dont on voit bien la disposition (2, 3), qui représentent deux coupes verticales de l'appareil suivant deux plans rectangulaires. Une vis E pénètre de l'extérieur vers la cavité D et est dirigée de manière à pouvoir couper obliquement l'axe des tubes A, B à son passage dans la cavité centrale.

1 représente la disposition générale de l'appareil muni de ses accessoires. Le cylindre F est monté sur un flacon ou sur un réservoir quelconque, percé de 3 trous. Des deux ouvertures qui sont percées dans la face supérieure, l'une adme-

le tube H sur le trajet duquel est placé le cylindre F.
est légèrement coudé dans la partie qui est contenue
rieur du réservoir.

La seconde ouverture supérieure laisse passer un
destiné au départ de l'air. L'ouverture inférieure est
au passage d'un tube à siphon I par lequel s'échappe

Fonctionnement.

L'eau arrive par le tube H, traverse la cavité C et ent
l'air qui pénètre de l'extérieur par les fenêtres D, I
s'accumule ainsi dans le flacon G. L'eau sort du flaco
tube coudé I. L'air qui est en surpression dans le
s'échappe par le tube K. A l'aide de pinces à vis placé
et en K on règle les vitesses respectives de sortie de l'a
l'eau, de manière à maintenir constant le niveau de l'ea
le réservoir. Les meilleures conditions du fonctionneme
réalisées lorsque le niveau de l'eau se maintient à un c
centimètres au-dessus du tube de sortie I. Ce réglage
très facilement après quelques tâtonnements. Pour aug
la pression de l'air il suffit de rétrécir l'orifice de sortie
et celui de l'eau, on peut ainsi faire varier entre ce
limites la pression de l'air au moyen des deux pinces

La vis E sert à couper le jet d'eau de manière à le dis
en éventail dans la chambre C et à lui permettre d'ent
un plus grand volume d'air. Si la pression d'eau est fa
jet s'étale de lui-même mais avec une forte pression (supé
à 30 mètres d'eau) le jet trop rapide et trop compact
sans entraîner assez d'air. En avançant plus ou moins la
obtiendra une dispersion plus ou moins grande du jet
et on obviera à l'inconvénient qui résulte d'une trop g
pression.

Chalumeau à main.

Le chalumeau à main a la même disposition que le c
meau fixe de souffleur décrit précédemment, mais i
indépendant de la soufflerie et n'a pas de pied suppo

permet de faire des soudures de courber des tubes, de souffler ou de raccorder des tubes sur un appareil tout monté, et non maniable vu ses dimensions. On le trouve dans le commerce construit en métal, mais on peut en faire un soi-même en verre, conformément à la figure ci-contre.

On prend un tube de verre de 15 centimètres de longueur et de 16 millimètres de diamètre environ, étiré à une de ses extrémités et traversé à son autre extrémité par un tube de diamètre plus petit *b* en pratiquant une soudure interne (voir fig. 80); c'est le tube d'arrivée de l'air. Latéralement et immédiatement en avant de la soudure interne on soude un tube *c* c'est le tube d'arrivée du gaz.

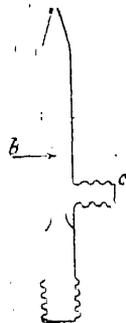



Fig. 26.

Pour se servir de ce chalumeau on relie les deux tubulures *b*, *c*, à deux tubes de caoutchouc souples et longs ; l'un relié au tube *c* est branché sur une canalisation de gaz, et le robinet de cette dernière ou une pince à vis placée sur le caoutchouc à gaz sert à régler la longueur de flamme nécessaire ; quant au deuxième caoutchouc souple relié au tube *b* l'opérateur même ou mieux un aide y soufflera plus ou moins fort lorsqu'il sera nécessaire.

Les débutants doivent se familiariser avec le maniement du chalumeau et de la soufflerie.

Le mélange du gaz et de l'air doit être fait dans des proportions convenables. Il ne faut pas actionner trop rapidement la soufflerie sinon, l'air arrive en excès entraîne le gaz qui n'a pas le temps de brûler complètement, refroidit les gaz de la combustion et la flamme est peu chaude. Le chalumeau doit brûler uniformément sans à coups; pour arriver à ce résultat il faut agir sur la pédale régulièrement.

On distingue trois sortes de flammes.

La flamme ordinaire ou flamme en balai, 1 ;

La flamme pointue ou dard, 2 ;

La flamme fumeuse ou flamme éclairante, 3 de la figure 27.

1° La flamme en balai ou flamme soufflante est la flamme

employée généralement, elle s'obtient par un assez fort courant de gaz mélangé d'air dans des proportions convenables. On peut obtenir différentes largeurs de flammes en interchangeant les tubes intérieurs d'arrivée d'air ou tubes injecteurs, plus le tube interne d'arrivée d'air aura un gros diamètre, plus la flamme sera large. Dans la partie obscure *a* le gaz ne brûle

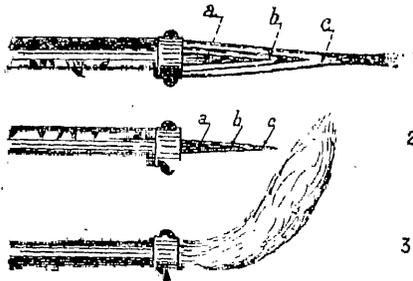



Fig. 27.

pas, c'est une partie froide de la flamme, l'air et le gaz n'entre en combustion que dans la partie *b*, c'est la partie réductrice. On ne doit pas travailler le cristal dans cette zone car le plomb réduit à la surface forme une tâche noire au refroidissement. La partie extrême *c* est la zone oxydante, c'est celle qui convient au travail du cristal. Le verre ordinaire peut être travaillé aussi bien en flamme oxydante, qu'en flamme réductrice.

2° Flamme pointue ou dard. — Quand on diminue l'arrivée du gaz au point de n'en laisser passer qu'une quantité assez faible relativement à l'air insufflé, il se produit une flamme pointue ou dard. On peut obtenir différentes grosseurs de dards, en augmentant plus ou moins les mélanges de gaz et d'air. On se sert de ce genre de flamme, par exemple pour percer un trou sur un tube de verre, pour repousser des pointes de verre sur un tube, intérieurement ou extérieurement. Cette flamme (2, fig. 27) présente l'avantage de permettre le chauffage d'une très petite surface de verre.

Le dard possède les trois mêmes zones indiquées pour la
.mme soufflante. C'est l'extrémité du dard qui est la partie la
us chaude, aussi s'en sert-on pour percer les trous dans le
:rre ou pour faire de très petites soudures.

3° Flamme fumeuse ou flamme éclairante. — C'est la flamme
ıe donne le chalumeau (3, fig. 27), la soufflerie ne fonctionnant
ıs. Dans ces conditions le gaz privé d'air ne brûle pas com-
ètement. On emploie cette flamme peu chaude, pour recuire
s soudures qui se refroidissent assez lentement à cause de la
mpérature peu élevée. Il se dépose du noir de fumée, à ce
oment on peut retirer le tube de la flamme, le laisser refroidir
'esque sans danger pour la soudure, l'air ne pouvant pas
;ir *brusquement* et directement sur l'endroit soudé.

Remarque. — Le recuit a pour but de permettre au verre de
'endre un état d'équilibre stable en diminuant les tensions;
verre relativement chaud cédant à ces tensions. Pour les
ıudures très compliquées, il est même quelquefois néces-
.ire d'employer une étuve pour obtenir un refroidissement
us lent au recuit.

Matériel accessoire.

Les instruments accessoires le plus généralement utilisés
›ur le travail du verre sont : le couteau à verre, ou la lime à
ɔis faces (tiers-point fig. 28) des ciseaux (fig. 29) destinés au
:soin à couper un morceau superflu de verre, alors que ce
:rnier est chauffé au rouge, des appareils coniques en métal
g. 30) ou des charbons de bois coniques pour évaser des tubes
g. 31), une pince coupante (fig. 32), une série de petits tubes
; caoutchouc (fig. 33) fermés par des morceaux d'agitateurs,
'erre plein), destinés à fermer des tubulures, des bouchons de
:ge de différentes grosseurs traversés par des tubes de verre
.en centrés pour faire tourner au besoin, d'une façon régulière
s pièces de verre pendant le chauffage; quelques pointes
.étalliques fines faites avec de vieilles limes servant à border

les tubes, aussi à rattraper des cassures, un peu de circ

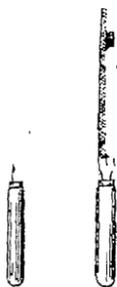
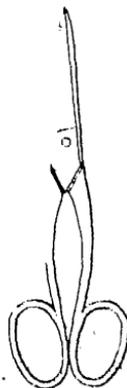



Fig. 28. Fig. 29.

parquet ou de paraffine afin de graisser les instruments qu

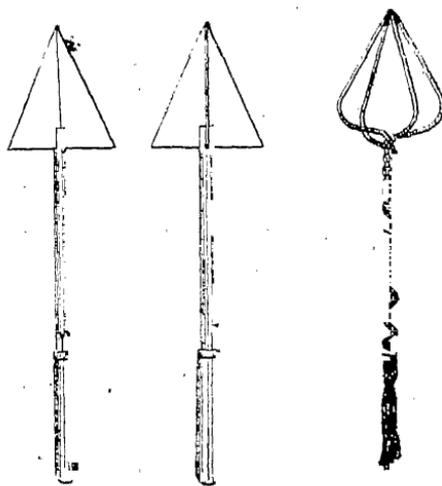



Fig. 30.

doivent toucher le verre au rouge et les empêcher d'y adhérer; des griffes spéciales (fig. 34) pour soutenir les ballons et per-

mettre de les tourner régulièrement dans la flamme sans se

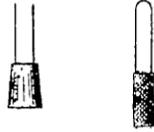



Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33.

brûler les doigts, des petites pinces plates et flexibles (fig. 35)

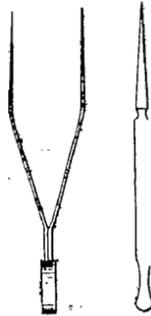



Fig. 34. Fig. 35.

servant à donner l'épaulement nécessaire dans le soufflage des cols de flacons, par exemple.

Tous ces appareils doivent être rangés à portée du chalumeau afin de pouvoir les prendre à l'instant même où l'on en besoin.

L'appareil 1 (fig. 30) destiné plus spécialement à faire de entonnoirs est de construction simple ; deux feuilles de tôl sont taillées en pyramide encastrées en croix l'une dan l'autre, sont maintenues par une partie métallique munie d'un manche en bois, pas trop gros pour être tourné facilement entre les doigts.

L'appareil 2 (fig. 30) souvent employé pour border des tubes, peut également être construit par le souffleur ; il consiste en cinq ou six fils de fer doux pliés une première fois à angle droit, puis à angle aigu, toutes ces extrémités sont ramenées au même sommet et brasées.

Le manche est formé par ces fils réunis et entrelacés comme le montre la figure.

Un instrument indispensable au souffleur pour s'assurer des dimensions des tubes à employer.

Un instrument indispensable au souffleur de verre pour s'assurer des dimensions internes et externes des tubes à employer, est le pied à coulisse, muni du vernier[1].

Le vernier est un instrument qui permet d'évaluer les longueurs plus petites que le demi-millimètre. Il se compose d'une petite règle *a* qui peut glisser le long de la grande règle AB, de manière que les deux graduations se touchent. On lui donne généralement une longueur de 9 millimètres qu'on divise en 10 parties égales ; on a alors un vernier au 1/10 ; il peut servir à évaluer des longueurs à 1/10 de millimètre près.

1. Le vernier porte le nom de son inventeur Pierre Vernier mathématicien français mort en 1637.

Pied à coulisse.

Le pied à coulisse se compose d'une règle métallique divisée en millimètres à l'extrémité de laquelle est fixé un butoir A. Le long de la règle se déplace un curseur muni d'un butoir B (fig. 36).

Un vernier *a* au $\frac{1}{10}$ est fixé sur le curseur.

Voici comment on se sert du pied à coulisse ; on place le tube à mesurer entre les butoirs AB ; il a par exemple 5 mil-

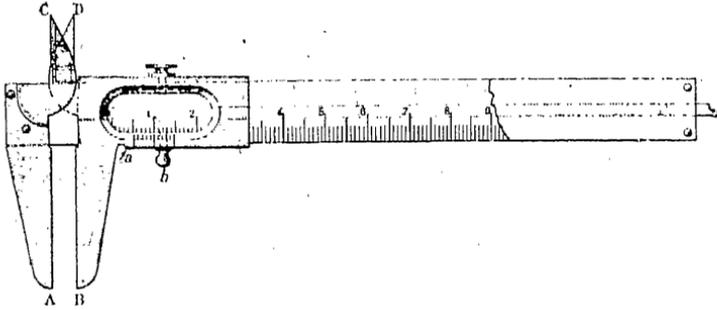



Fig. 36.

limètres, plus une fraction ; on remarque dans la figure que sur le vernier *a*, la coïncidence se fait entre les traits des échelles à la 5e division ce qui indique que la fraction est égale à $\frac{5}{10}$ de millimètre. Le tube a donc pour diamètre 5 millimètres $\frac{5}{10}$ de millimètre. Les pointes C,D, permettent de mesurer le diamètre intérieur d'un tube.

Nature du verre.

Une soudure ne tiendra que si l'on emploie des verres de même nature, sans quoi la différence des propriétés physiques, notamment les coefficients de dilatation et les ramollisse-

ments inégaux pour la même température si l'on parvient à maintenir les verres juxtaposés donnent deux verres accrochés pour ainsi dire l'un à l'autre, et les moindres chocs, vu les tensions accompagnant le refroidissement, les séparent.

On reconnaît assez facilement la nature des verres courants par la couleur de leurs tranches.

Le verre à « souffler » ne nécessite pas pour être travaillé une très grande température, toute région de la flamme suffit à le ramollir.

Le cristal doit être travaillé dans une flamme très oxydante, où l'air est en excès, sans quoi les sels de plomb qui entrent dans sa composition sont réduits à l'état de plomb métallique à la surface du verre, d'où l'apparition de taches noires brillantes. Si, pendant le travail du cristal, on s'est trop rapproché de la région réductrice de la flamme du chalumeau, et qu'ainsi la couleur noirâtre du plomb soit apparue, il suffit pour la faire disparaître, de la replacer dans la partie oxydante de la flamme, le plomb réduit s'oxydant à nouveau.

Dans le cas de certains verres de mauvaise composition, par suite d'un excès de chaux, une « dévitrification » se produit assez facilement, la formation de ces cristaux blancs rend ces verres opaques. Ces verres devront être travaillés très rapidement, c'est-à-dire chauffés le minimum de temps. Quand on s'apercevra qu'on est en présence de tels verres, il faudra en rejeter systématiquement toutes les parties ayant déjà cristallisé, ou commencé à cristalliser. Si on laissait subsister dans le verre à travailler, le moindre germe de ces cristaux, la dévitrification continuerait à s'y propager rapidement et la solidité de l'appareil serait illusoire.

Caractéristiques des verres.

Avant de commencer une soudure, il faut s'assurer que l'on a des verres de même nature.

Les verres se reconnaissent à leur aspect général et à la couleur de leur tranche.

Le verre d'Iéna peu fusible a une tranche bleue.

Le verre vert pour tubes scellés présente une grande épaisseur, sa tranche est verte, il est peu fusible. « Ces verres ne se prêtent pas à la confection des soudures, ni au soufflage. »

Verres a souffler. — Le verre de Thuringe est un verre qui se soude très bien, il peut être tenu pendant très longtemps dans la flamme sans se dévitrifier, il est d'un travail commode pour les débutants ; sa tranche est légèrement jaunâtre.

Les verres d'Ivry, de Saint-Denis, etc., verres français se travaillent bien. Cependant les soudures doivent être faites rapidement, car ces verres ont tendance à se dévitrifier ; leurs tranches sont vert pâle.

Le verre de Thuringe se soude très bien au cristal.

Le *cristal* est un verre à base de plomb, qui doit se travailler en flamme oxydante, sinon il noircit. Il est employé dans les appareils compliqués comportant de nombreuses soudures[1].

Sa tranche est grisâtre.

Le verre émail blanc, également à base de plomb est très fusible. On s'en sert pour souder le platine sur d'autres verres. Son coefficient de dilatation est, en effet, compris entre celui du verre ordinaire et du platine. Il doit être travaillé comme le cristal en flamme oxydante.

Sa tranche est blanche comme le nom l'indique.

Le verre d'urane est un verre qui se prête très bien comme intermédiaire, par exemple pour souder deux verres n'ayant pas la même nature.

Sa tranche est jaune verdâtre.

Le verre de Bohême est un verre à base de potasse, il ne se ramollit qu'à une température très élevée, aussi est-il employé pour les tubes à combustion. Sa tranche est gris pâle.

Le verre d'Iéna est employé également pour les tubes à

1. La maison Martin, de Saint-Denis, a réalisé la composition d'un verre à faible retrait, qui convient pour la construction d'appareils compliqués.

combustion. Il n'est pas utilisé pour la construction d'ap
Sa tranche est bleue.

Remarque. — Ces verres à souffler ne doivent pas êtı
langés dans le magasin ou au moment de leur emploi.

Il est préférable de s'adresser au même fournisseur pc
mêmes variétés de vérre.

Les tubes de verre se conservent dans des casiers hc
taux, à l'abri des poussières et des vapeurs acides et da
endroit bien sec.

Remarque. — Dans le cas des mélanges de verre, si l'oı
pas certain de leur nature, il faut, avant de commenc

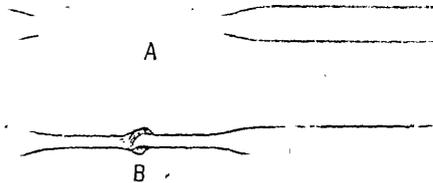



Fig. 37.

construction d'un appareil, essayer si ces verres se cc
ensemble. Pour cela, on détache un morceau de chaque t
on les soude bout à bout et on tire fortement les deux t
pour bien mélanger la soudure.

Si ces verres sont de même qualité, la soudure disp
complètement en A. Les verres s'étant mélangés et confon
si au contraire, il s'est formé malgré l'etirage un bourrel
(fig. 37) à l'endroit de la soudure comme si les verres voulı
se détacher, c'est que les verres sont de différentes qual
donc inutilisables entre eux.

Introduction. Remarque générale.

Avant de commencer n'importe quelle construction d'ap
reil, il faut procéder au nettoyage intérieur et extérieur
tubes à employer. Les poussières ou des matières étrangè
peuvent, en effet, empêcher les soudures de tenir.

Un nettoyage suffisant et des plus simples consiste à faire passer dans l'intérieur du tube, quand ce dernier est étroit, un papier de soie ou du coton humide poussé par une baguette de bois. Pour les tubes plus larges on se sert d'un morceau de chiffon humide attaché au milieu d'une ficelle. Pour faciliter le passage de la ficelle dans le tube, on suspend à l'extrémité de cette dernière un morceau de plomb ou de cuivre, par exemple. On maintient alors une des extrémités de la ficelle au sol avec le pied, l'autre extrémité est tenue de la main droite ; avec la main gauche on fait glisser le tube sur le chiffon immobilisé (fig. 38).

Fig. 38.

Quand il s'agit de construire des appareils comme des tubes de Crookes, des baromètres, des tubes à électrodes, etc., on lave les tubes de verre à l'acide azotique, ou à l'acide chromique, puis on les rince à l'eau distillée.

Pour parachever le lavage à l'eau distillée, on rince encore les tubes de verre, à l'alcool, puis à l'éther.

L'éther s'évapore très rapidement, et le tube est sec aussitôt sans pour cela être obligé de le chauffer.

« Ne jamais introduire dans un tube de verre un autre tube de verre ou une tige de fer, ces corps rayent intérieurement le verre qui casse quand on le porte dans la flamme du chalumeau. »

Couper le verre.

Pour couper un tube de verre, on se sert habituellement d'un couteau à verre, lame d'acier aiguisée sur une meule, mais

ayant subi auparavant une trempe spéciale afin de lui communiquer une grande dureté.

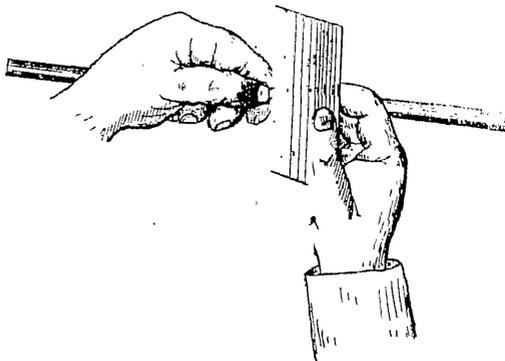



Fig. 39.

On frotte le tranchant du couteau perpendiculairement l'axe du tube, le plan du couteau légèrement incliné afin d

Fig. 40.

lui donner plus de mordant, on fait une rayure sur le verr (fig. 39). Le pouce de la main gauche sert à guider le couteau

manié de la main droite. On saisit le tube des deux mains, environ à 2 centimètres du trait, les deux pouces en face l'un de l'autre, de part et d'autre du trait on *tire* lentement et *sans flexion* comme on tire sur un fil qu'on veut casser; mais assez fortement pour détacher les deux morceaux (fig. 40).

Après quelques exercices on réussit ainsi à couper parfaitement du verre de plusieurs centimètres de diamètre. A défaut de couteau à verre, on peut se servir d'une lime triangulaire.

Rupture par fêlure.

Pour couper des tubes de gros diamètres supérieurs à 30 millimètres, le couteau à verre n'est plus suffisant. Dans ce cas, on fait d'abord un trait sur le tube de verre au moyen

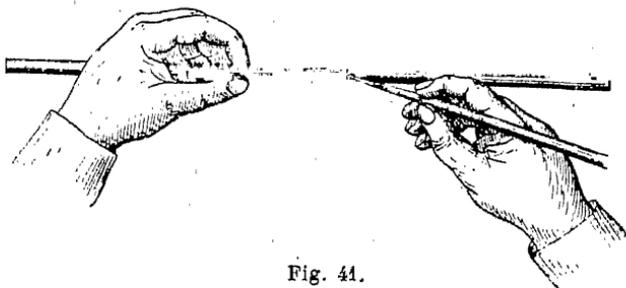



Fig. 41.

du couteau, ensuite on détermine la rupture ou fêlure en plaçant dans le prolongement immédiat du trait une pointe de verre chauffée au rouge. La pointe de verre chauffée au rouge doit être placée un peu en avant du trait (fig. 41). Une fêlure se produit. La pointe de verre reportée au rouge doit être appliquée à nouveau un peu en avant de la fêlure produite et ainsi de suite jusqu'à coupure complète; on peut remplacer la pointe de verre chaud par un charbon de Berzélius.

Quand le couteau ne mord plus sur le verre, il faut le repasser. Pour cela, on le frotte sur un grès en tenant obliquement le couteau et en allant contre le tranchant. Ce dernier

coupera bien quand, tout en étant aiguisé, il présentera de légères aspérités en forme de scie.

Rupture au moyen de la ficelle.

Pour couper des tubes très épais et de très gros diamètres comme des flacons, touries, cristallisoirs, etc., on entoure

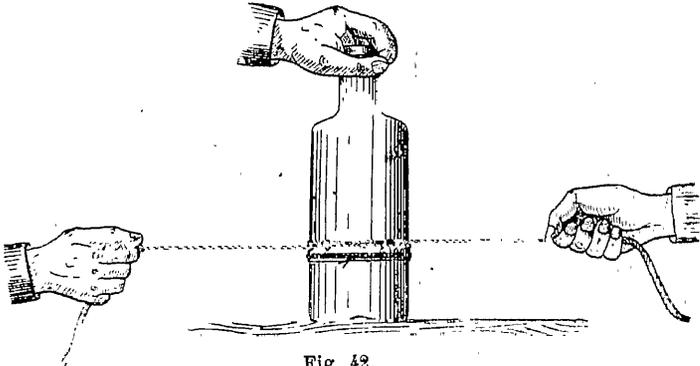



Fig. 42.

préalablement le flacon d'une courroie ou d'une bande de

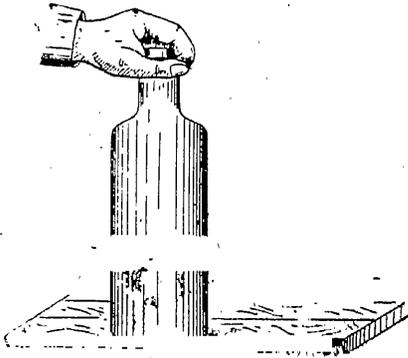



Fig. 43.

carton qui servira de guide à la ficelle. Celle-ci fait un tour

et frotte suivant la circonférence de la section à pratiquer (fig. 42).

Il est nécessaire d'opérer à deux; le premier maintient le flacon de la main gauche, et tirant la ficelle de la main droite, le deuxième maintenant tendue l'autre bout de la ficelle. Les deux opérateurs donnent à la ficelle tendue un mouvement rapide de va-et-vient qui a pour effet d'échauffer fortement le verre à l'endroit frotté. Sur le verre brûlant on jette de l'eau, la rupture du verre se fait alors très régulièrement (fig. 43) sur toute la circonférence où la ficelle a échauffé le verre.

Rupture par le procédé des deux bandes de papier.

On fait d'abord sur le tube une légère entaille au moyen du couteau à verre ou de la lime triangulaire, puis on entoure le tube ou le flacon des deux côtés et très près du trait, avec

Fig. 44.

deux bandes de papier mouillé (fig. 44). On projette alors la flamme très fine du chalumeau sur le prolongement et en avant du trait. Une fêlure se produit, faisant tourner le tube sur lui-même dans la flamme du chalumeau, on provoque la rupture du tube d'une façon très régulière.

Rupture par rayure intérieure au diamant.

L'appareil représenté par la figure 45 se compose d'une planchette horizontale munie de deux glissières latérales et de trois supports verticaux entaillés C, D. G, le support G étant fixé, et les deux autres mobiles le long des glissières verticales.

Une tringle F mobile autour d'un pivot E dont la hauteur est réglable et dont les positions sont fixées par *deux vis v, v'*, porte à l'extrémité B, un diamant perpendiculaire à l'axe et

Fig. 45.

maintenu par une vis *b* et un plateau mobile A fixé par une vis *a*.

Pour couper un tube de verre on le porte sur les supports C, D et G (suivant la longueur) après y avoir engagé l'extrémité B de la tringle, la longueur à couper étant réglée par la position du plateau qui sert de butée.

Le diamant étant appuyé convenablement sur la paroi interne du verre, on imprime au tube un mouvement de rotation complet autour de son axe, de façon à faire décrire au diamant un trait circulaire, après quoi le tube se sectionne de lui-même ou par simple chauffage externe sur une flamme. Il est évident que toutes les sections de tubes ainsi faites pour une position déterminée du plateau B, seront parfaitement égales.

Soufflerie.

La soufflerie à pédale est le modèle couramment employé, Pour que cette soufflerie donne un bon rendement, il est nécessaire que le soufflet ait un diamètre de 25 centimètres, il en existe avec des appareils plus petits, mais on est obligé de pédaler beaucoup plus et le débit d'air est toujours insuffisant, surtout pour le travail des grosses pièces.

Les débutants doivent s'exercer à la manœuvre de la soufflerie afin d'obtenir l'air nécessaire et sans à-coups.

On doit être placé de telle façon que les coudes reposent bien sur la table et que les mains soient libres de leurs mouvements. la figure 46 indique la position que doit avoir le souffleur. On pourra, à l'aide de petits clous, disposer sur la table même de la soufflerie une échelle graduée en centimètres, qui

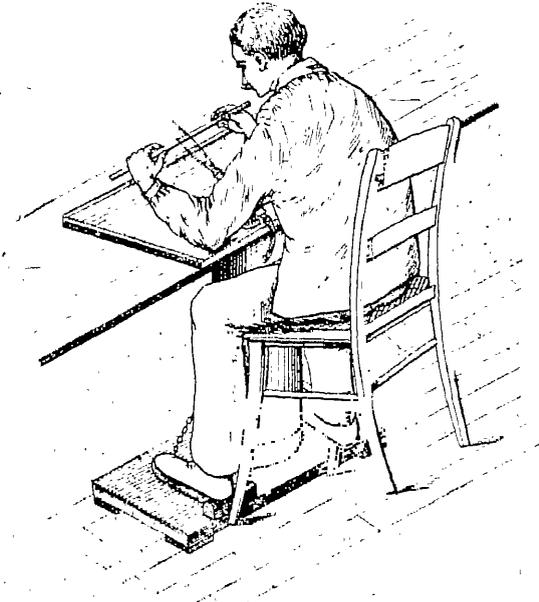



Fig. 46.

donnera la possibilité de prendre à chaque instant les dimensions des appareils, pendant la construction, le verre étant chaud.

On dispose également sur les bords de la table de la soufflerie des baguettes de bois avec échancrures, ce qui permet de placer les pièces de verre sans qu'elles se touchent.

A portée de la soufflerie il est bon de disposer d'un endroit où on a placé une toile d'amiante pour laisser refroidir les soudures.

Pendant le travail et le refroidissement des soudures, c
devra éviter les courants d'air.

Emplacement.

Il n'est pas nécessaire pour travailler le verre, d'être plac
dans un endroit très éclairé au contraire : un éclairage modéı
permet de mieux distinguer les parties utiles de la flamme d
chalumeau.

Pour éviter la rupture des soudures il faut se placer dans u
endroit à l'abri des courants d'air.

Maintien et chauffage du verre.

MAINTIEN D'UN TUBE D'UNE SEULE MAIN (fig. 47). — Pour borde
un tube par exemple, on le maintient de la main gauche

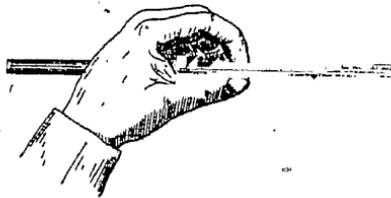



Fig. 47.

le coude appuyé sur la table de la soufflerie. Le tube étant maintenu horizontalement on le fait tourner avec le pouce et l'index, la paume de la main en dessous.

MAINTIEN D'UN TUBE DES DEUX MAINS (fig. 46, 48). — Les coudes étant appuyés sur la table de la soufflerie, les deux mains de part et d'autre de la flamme maintiennent le tube horizontalement. La main gauche, dont la paume est en dessous, tient une des extrémités du tube, comme il est indiqué dans le para-

graphe précédent ; la main droite, dont la paume est en dessus tient l'autre extrémité entre le pouce et l'index.

La fixité des coudes et par suite de la position des mains assurent la fixité de l'axe du tube que l'on chauffe.

Fig. 48.

Pour chauffer également les différentes parties du tube à travailler, il faut le faire tourner continuellement sur lui-même d'un mouvement uniforme. Le verre ne doit pas être porté brusquement à une trop grande température, il se briserait surtout s'il est épais. On doit le présenter dans la flamme éclairante et augmenter graduellement la température en actionnant petit à petit la soufflerie, ou bien le maintenir en avant de la flamme quelques instants pour qu'il s'échauffe, avant de commencer à le travailler.

Il est nécessaire de faire tourner préalablement le tube et d'échauffer une assez grande surface de verre avant de diriger la flamme sur l'endroit à travailler.

Dans le cas des soudures sur gros tubes il faut tenir tout l'ensemble de la soudure chaud. Dans le cas de soudures compliquées d'autres soudures, il faut de temps à autre réchauffer les soudures déjà faites. Le verre ne doit pas être trop chauffé, mais seulement amené à l'état pâteux, celui destiné à être courbé, ne doit être que ramolli.

Il est de toute nécessité de réaliser un mouvement uniforme et égal pour les deux extrémités, sans cela on imprime une

torsion à la partie ramollie, et au soufflage la partie la plus chauffée se gonfle plus que les autres.

Le mouvement de rotation doit être continué même hors de la flamme et pendant le soufflage. J'insiste sur ce point particulièrement important. La rotation sans torsion de la partie ramollie est assez difficile à obtenir au début, avec des tubes de diamètres différents aux extrémités, tels que deux tubes soudés ; aussi ne faut-il pas quitter de vue la partie ramollie du verre.

Un très grand nombre d'insuccès dans le travail du verre tient à un chauffage irrégulier, les mains ne tournant pas bien.

Quand on se sera suffisamment familiarisé avec le maniement de la soufflerie, le coupage des tubes et qu'on saura habilement courber les tubes de différents diamètres ; on s'exercera à étirer une pointe bien centrée sur un tube de

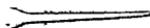



Fig. 49.

verre (fig. 49). Il est nécessaire pour le soufflage d'une boule par exemple d'avoir de chaque côté du cylindre utile à la confection de la boule une tige de verre effilée bien centrée, suffisamment longue pour ne pas se brûler les doigts ou les lèvres lors du soufflage. J'insiste sur le fait d'un bon centrage à réaliser ; pour cela il faut tourner très régulièrement le tube, aussi bien pendant le chauffage que l'étirage ; les mains ne doivent jamais cesser de tourner. Les pointes nécessaires à la confection d'une boule étant bien centrées, le tube tourne exactement autour de son axe et le verre que l'on rassemblera aura partout la même épaisseur. Le soufflage de verre d'égale épaisseur donnera une boule bien ronde.

Dans le cas de pointes mal centrées tant en raison du chauffage qui ne se fait pas régulièrement, les différentes parties du tube ne passant pas aux mêmes points de la flamme dans le mouvement de rotation, qu'en raison de la force centrifuge

iffórente en des points inégalement distants de l'axe, le rassemblement du verre se fait irrégulièrement.

Au soufflage définitif de la boule, la force centrifuge contriuera encore à décentrer la masse de verre et l'air insufflé rouvant des points de moindre résistance aux endroits où le erre est le moins épais, fournira des boules de forme irréguères et non des sphères.

Le décentrage, dans le cas de pointes mal centrées, est 'autant plus accentué du fait de la force centrifuge, que la itesse de rotation est plus grande ; d'où l'intérêt qu'il y a de e point tourner le verre trop rapidement pendant la manipuition.

Étirer un tube en pointe.

Pour étirer un tube à son extrémité (fig. 50) on chauffe dans ı flamme la partie extrême de ce tube en *a* ; on applique sur ette partie chaude un bout de tube de verre qu'on soutient

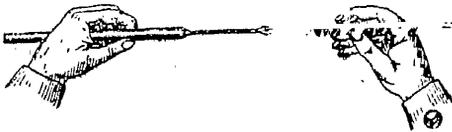



Fig. 50.

e la main droite. La juxtaposition faite, on chauffe régulièreient et par rotation uniforme l'extrémité du tube à effiler ısqu'à ramollissement.

On le sort alors de la flamme et tout en continuant le mouement tournant de la main gauche par l'intermédiaire du bout e verre, on étire de la main droite, le tube, jusqu'à ce qu'il ossède la dimension du cône désiré.

« Les débutants devront s'entraîner à cet exercice et s'attaher à faire une pointe bien centrée, c'est en effet le point de épart du tube à essai, ballon, boule, olive, etc. Ces différents ppareils seront d'autant plus faciles à obtenir réguliers, que ı pointe de verre par laquelle on soufflera sera bien centrée. «

Étirer un tube en son milieu.

Pour étirer un tube en son milieu on le chauffe régulièrement en cet endroit jusqu'à ramollissement. A ce moment on sort le tube de la flamme et tout en continuant à le tourner sur lui-même, on le tire également des deux mains.

Fig. 51.

De cette façon on obtient deux cônes qui seront réguliers si on a conservé un mouvement de rotation régulier des deux mains et qui seront d'autant plus aigus qu'on aura tiré plus rapidement le tube par ses deux extrémités.

Border un tube.

Pour obtenir le ramollissement de l'extrémité d'un tube de verre, il y a quelques précautions à prendre.

Il faut mettre cette extrémité dans une flamme éclairante, en tournant continuellement le tube sur lui-même, et en élevant graduellement la température de la flamme du chalumeau au moyen de la soufflerie.

Fig. 52.

Le verre placé trop brusquement dans une flamme très chaude s'y brise souvent, surtout s'il est assez épais.

Pour border un tube assez épais, 2 millimètres par exemple, il faudra d'abord chauffer ce tube lentement, et assez loin de son extrémité *a* (fig. 52), déplacer le tube progressivement jusqu'à ce que l'extrémité à border soit dans la flamme.

Ces mêmes observations s'appliquent à une baguette de verre à border.

Olives sur un tube.

On fait une olive sur un tube de verre pour que son raccordement avec un tube de caoutchouc en soit plus facile et la jointure meilleure. On chauffe uniformément une petite portion du tube en tournant régulièrement. En cet endroit, le tube

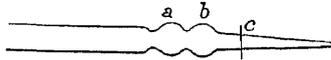



Fig. 53.

s'étrangle, on procède d'ailleurs à un léger étirement qui accroît l'étranglement *a*. On opère de même en une portion voisine *b*. L'intervalle entre ces deux étranglements est ensuite reporté dans la flamme, chauffé, puis soufflé en appuyant légèrement pour former et terminer l'olive, puis coupé en *c* et bordé (fig. 53).

Si le tube devait être courbé, les olives seraient faites avant cette opération, afin de n'être pas gêné pour la rotation du tube lors du chauffage.

Courber un tube de verre de 12 millimètres et au-dessous.

On chauffe le tube à l'endroit que l'on veut courber avec une large flamme sur une longueur égale à l'arc qui doit former ce tube. Le tube est disposé dans le sens de la longueur de la flamme du chalumeau. Il convient de chauffer une grande longueur pour avoir une courbure d'une belle forme. Dès que le verre est suffisamment ramolli, on sort le tube de la flamme et on le courbe jusqu'à l'angle désiré *a*. Si la courbure est bien faite, le tube conserve son même diamètre et sensible-

ment sa même épaisseur, donc la même solidité dans toute sa longueur (fig. 54).

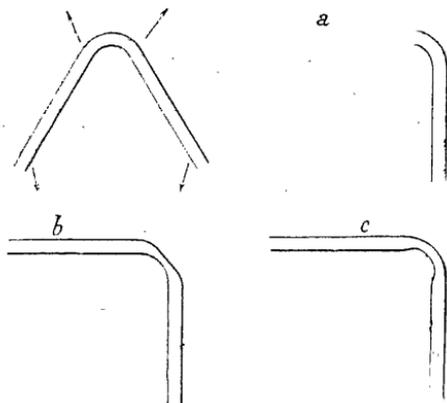



Fig. 54.

Pour plier un petit tube de 12 millimètres de diamètre au maximum, on peut se servir aussi d'un bec papillon.

Dans ces conditions on laisse le tube se courber de lui-même dans la flamme sous l'influence de son poids en le maintenant avec les deux mains (fig. 55).

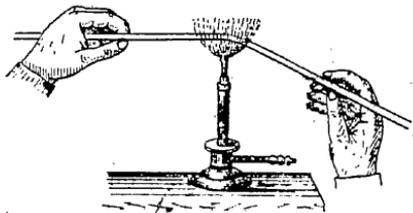



Fig. 55.

Dans le cas des tubes de gros diamètres on devra chauffer davantage la partie extérieure de la courbure et souffler dans l'intérieur du tube pendant qu'on le plie, pour éviter l'écrasement.

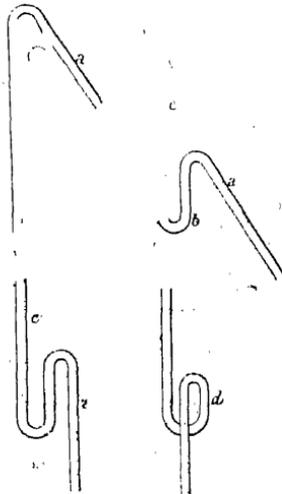
Éviter un trop grand ramollissement qui déformerait le verre.

Un ramollissement insuffisant donnerait un aplatissement à la courbure *c* (fig. 54).

Un trop grand échauffement du côté de la concavité, produit un étranglement *d*.

Ne jamais poser le tube qu'on vient de chauffer sur un corps froid, il se briserait.

Tube en S.

On commence par plier une des branches *a* à angle aigu, pour ne pas gêner la courbure de l'autre branche. Ensuite l'on courbe en *b* la branche *c* parallèlement au tube central, on ramène enfin la branche *a* restée à angle aigu, dans la position parallèle à l'autre branhce *c*.

Tube en boucle.

Pour obtenir un tube en boucle *d*, on chauffe dans la flamme la longueur du tube nécessaire à la boucle, on fait décrire dans la flamme à une des extrémités du tube un tour complet, de façon que les deux branches reviennent dans le prolongement l'une de l'autre.

Fig. 56.

Si on a à faire à un gros tube on le pliera par à-coups et en soufflant pour lui conserver sa forme cylindrique sans écrasement (*d*).

Border et évaser un tube.

Les tubes coupés présentent des bords tranchants qui entament les bouchons sont, dangereux et ferment mal. Pour faire disparaître les arêtes vives, on chauffe l'extrémité des tubes dans la flamme jusqu'à commencement de fusion en ayant soin de tourner comme il a été dit. Il est préférable pour que les bouchons à adapter sur ces tubes ferment bien, de

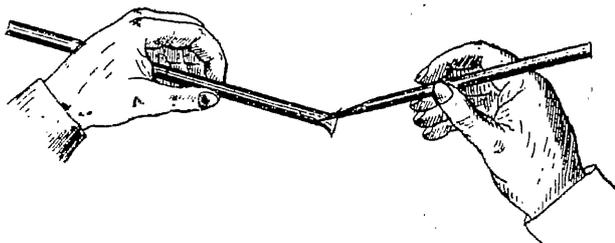



Fig. 57

les évaser légèrement à leurs extrémités. On se sert pour cela d'une pointe de métal (fer, acier, cuivre), ou mieux d'une lime fine usagée légèrement lubréfiée avec de la cire ou de la paraffine, pour empêcher son adhérence au verre chaud. On appuie régulièrement à l'intérieur du tube vers l'extérieur sur toute la périphérie de la tranche ramollie par la chaleur, tout en continuant à faire tourner le tube dans la flamme, la pointe restant fixe. L'extrémité de la pointe appuie sur la génératrice inférieure du tube tandis que la pointe qui produit des déformations du verre appuie sur la génératrice supérieure. Une variante consiste à sortir le tube bien chauffé de la flamme, et à le déformer au moyen de la pointe que l'on introduit dans le tube, on fait tourner cette dernière tandis qu'on maintient le tube fixe. On peut aussi se servir de l'appareil spécial (fig. 30) qui donne un évasement bien régulier, ou bien encore d'un charbon de bois (fig. 31) taillé en forme de cône à l'aide d'une lime ou d'une râpe à bois. L'évasement

effectué, au moyen d'une plaque de fer ou de charbon de cornue appliqué normalement sur l'évasement encore rouge on en amène ainsi les bords dans un même plan. On se sert pour cette opération du couteau à verre.

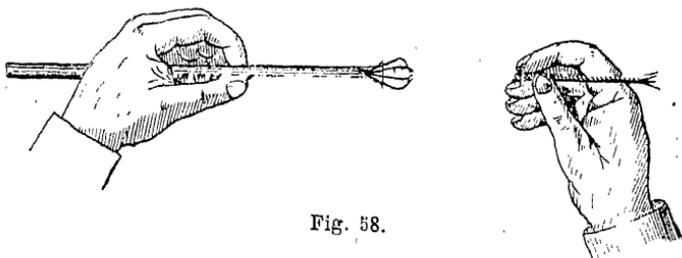



Fig. 58.

« Les tubes de verre *très épais* ne pouvant être chauffés par suite des risques de casse, on se contente de faire disparaître le tranchant des arêtes en les émoussant à la lime imbibée d'essence de térébenthine tenant en dissolution du camphre. »

Evaser un tube par le procédé du pétard.

Pour fermer un tube on laisse un étranglement se produire en *a* par chauffage sous traction, puis lorsque l'étranglement est presque capillaire, pour provoquer la coupure du verre par la flamme on ne fait plus tourner que le tube à fermer. On maintient fixe l'extrémité du tube ou de la pointe à séparer. On sépare cette extrémité par la flamme du chalumeau, et avec une pointe de métal chaude ou une pointe de verre, on enlève l'excès de verre s'il y a lieu en maintenant et chauffant dans la flamme l'extrémité de ce tube *b*. On chauffe ensuite uniformément l'extrémité de la partie fermée *b*, puis l'on souffle, comme toujours, en dehors de la flamme,

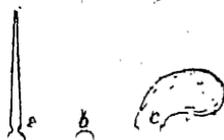



Fig. 59.

tout d'abord modérément, puis en augmentant la pression verre ramolli se détend et forme une boule très mince c éclate ou que l'on brise et que l'on régularise avec l'a latérale du couteau à verre (fig. On fond légèrement ensuite dan flamme les bords du tube et moyen d'une pointe de métal forme l'évasement; la pointe introduite de biais comme le rep sente la figure 57, elle est main nue fixe tandis que le tube de ve est tourné par la main gauche; bords fortement chauffés dans grande flamme se déforment so la pression de la pointe métallic et produisent l'évasement.

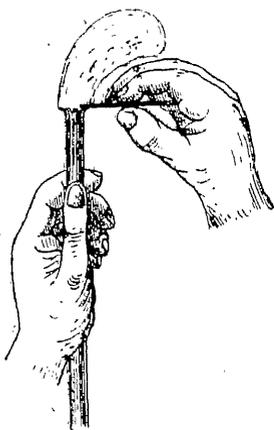



Fig. 60.

S'il s'agit d'un petit tube de ver on le laisse se fermer de lui-mê dans la flamme sans l'effiler, et souffle comme il est dit plus ha

Ce procédé s'emploiera dans la préparation des extrémit à souder soit extérieurement soit plus particulièrement in rieurement. Le mélange des verres ainsi préparés se f d'une façon plus parfaite et les soudures tiendront mieux.

Tube à essai.

Ce genre de tubes possède un diamètre de 16 à 18 millimètr et une longueur de 16 à 18 centimètres. On prend des tub coupés et bordés à la flamme, d'une longueur suffisante po faire à la fois deux tubes à essais. La première opération consis à étirer le tube en son milieu (fig. 61) et à couper ensuite partie étirée au milieu au couteau à verre. Pour fermer le tu à essai, le tube est maintenu entre le pouce et l'index de main gauche dont la paume est tournée vers le bas, tandis q la main droite dont la paume est tournée vers le haut, mai

tient entre le pouce et l'index, la pointe effilée. Cette position des mains est d'ailleurs la position habituelle dans le travail du

Fig. 61.

verre. (*Voir Maintien du verre et chauffage du verre*) (fig. 46-48).

Tournant le tube régulièrement des deux mains, on dirige la flamme du chalumeau en *d* (fig. 62); dès que le verre est suffi-

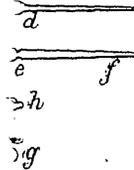



Fig. 62.

samment ramolli en cet endroit, on arrête le mouvement tournant de la pointe qu'on maintient fixe, la main gauche continuant à tourner le tube ; il se forme alors un étranglement en

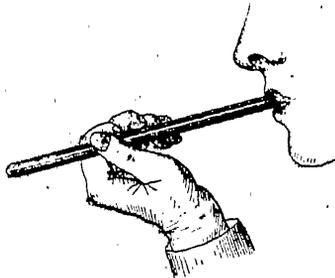



Fig. 63.

e et finalement la fermeture et la coupure. On jette alors la pointe F ; à ce moment même et très rapidement, on renverse la main gauche, la paume en dessus, et l'on porte à la bouche le tube où il se présente naturellement (fig. 63). On souffle en

même temps qu'on imprime un mouvement au tube avec le pouce et l'index de la main gauche pour faire développer l'épaisseur du verre laissée par la pointe. Il se forme un petit appendice *h* ; on chauffe l'ensemble du fond, l'appendice rentre dans la masse du verre ; on souffle enfin à nouveau pour régulariser l'épaisseur du verre et donner au tube sa forme arrondie *g*. Un tube à essai dont le fond présente une trop forte épaisseur se brise quand on le chauffe.

Boule sur un tube.

Le tube fermé d'un bout, est placé dans la flamme, on lui imprime un mouvement tournant avec les deux mains en appuyant légèrement sur la partie ramollie, ceci pour rassembler le verre. Le verre étant ramolli on porte le tube à la bouche

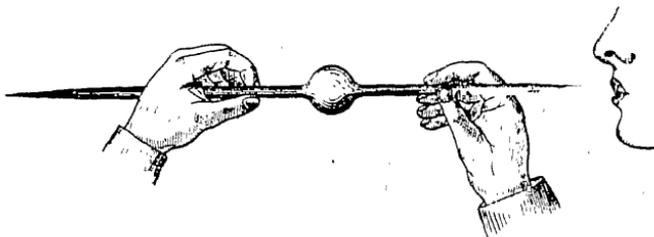



Fig. 64.

(fig. 64) avec la main droite dont la paume est en dessus. L'autre extrémité du tube pivotant entre le pouce et l'index de la main gauche dont la paume est en dessous. On souffle légèrement, il se forme une petite boule épaisse *a*, on souffle à côté de celle déjà formée une nouvelle boule *b* (fig. 65), puis avec une large flamme on chauffe ces deux boules pour en faire une seule *c*. Si la masse de verre n'est pas suffisante pour faire la boule qu'on désire, on fait une troisième boule qu'on réunit aux deux premières ; on en réunit davantage si c'est nécessaire. Quand tout le verre suffisant à la confection de la boule est rassemblé, au moyen d'une grande flamme enveloppant bien

la masse de verre, on chauffe jusqu'à ramollissement; à ce moment on porte le tube à la bouche sans arrêter le mouvement de rotation. On souffle doucement d'abord, puis en augmentant la pression au fur et à mesure que le verre se refroidit.

Pendant le soufflage on imprime à la masse de verre pâteuse, tout en tournant, un mouvement d'accordéon, en appuyant et

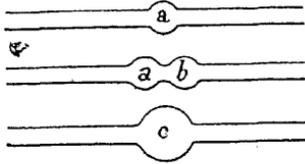
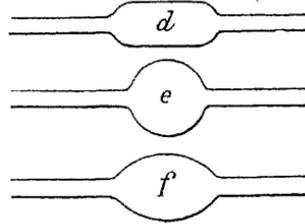



Fig. 65. Fig. 66.

tirant sur la masse de verre ce qui active la formation de la sphère.

Pour réussir cette opération, il est nécessaire de rassembler du verre en quantité suffisante, afin de ne pas former une boule trop mince donc trop fragile. On peut dans le cas de grosses boules employer un moyen plus rapide que le précédent. Il consiste à employer un gros cylindre de verre *d* dont on a étiré les extrémités et soudé deux tubulures, puis en chauffant et soufflant, à faire comme il est expliqué plus haut, une boule d'une capacité suffisante.

La boule sera sphérique (*e*) si lors de son soufflage, on lui laisse prendre sa forme normale, elle sera ovoïde (*f*) si le soufflage est accompagné d'un étirage léger (fig. 66).

Faire un ballon rond.

On commence par border une des extrémités du tube à employer *a* (fig. 67). Après avoir étiré l'autre extrémité du tube comme pour en faire un tube à essai, on ferme le col avec un

bouchon. On fait d'abord une première boule *b* puis une deuxième boule *c* que l'on réunit à la première par chauffage et soufflage (voir boule sur un tube de verre), on rassemble deux, trois, quatre boules si c'est nécessaire. Quand tout le verre suffisant pour le ballon à obtenir est rassemblé, on se débarrasse de la partie effilée, comme dans le cas du tube à essai. Puis on chauffe la masse tout entière dans une grande

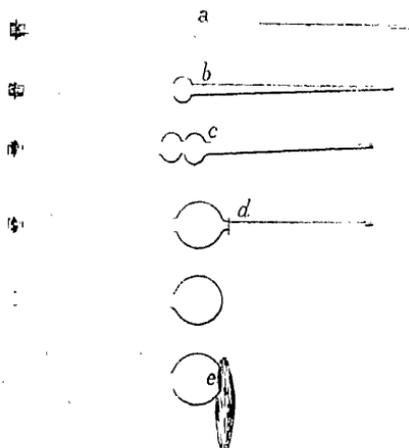



Fig. 67.

flamme en tournant très régulièrement et en évitant de chauffer le col du ballon pour ne pas le déformer. La masse de verre étant bien ramollie on porte le tube à la bouche, en renversant la main gauche comme dans le cas du tube à essai ; on saisit également le tube entre le ballon et la main gauche, avec le pouce et l'index de la main droite dont la paume est en dessus. Des deux mains on continue le mouvement de rotation qu'on n'a pas arrêté même pendant qu'on portait le tube à la bouche. On souffle alors assez lentement au début et en augmentant au fur à mesure que le verre se refroidit, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la grosseur désirée pour le ballon.

Pendant cette opération les lèvres ne quittent pas le tube, on n'arrête pas le mouvement tournant qui peut être contrarié,

si c'est nécessaire, on ne cesse d'avoir en même temps les yeux fixés sur le ballon en formation. Pendant le soufflage le tube peut être tenu horizontalement, si le verre a été bien rassemblé et que le ballon se forme bien. Si le ballon tend à prendre une forme allongée, on souffle en dirigeant la masse de verre vers le haut, on dirige au contraire la masse de verre vers le bas si le ballon a tendance à s'aplatir. Si malgré ces précautions le ballon n'était pas rond, on pourrait le recommencer, et pour cela laisser le verre se rassembler à nouveau. Le verre peut se rassembler d'une façon irrégulière. On évitera ce dernier inconvénient en chauffant, et soufflant ensuite légèrement, tout simplement pour permettre au verre de se placer d'une façon régulière. On recommence alternativement le chauffage et le soufflage jusqu'à ce qu'on obtienne le répartition uniforme du verre pour refaire le ballon, à ce moment on pratique le soufflage définitif en observant les indications données plus haut.

Voici une autre façon de procéder. La masse de verre suffisante au ballon à construire étant rassemblée, on souffle directement par la pointe le ballon à la grosseur voulue. On fait ensuite disparaître la pointe effilée comme dans le cas du tube à essai; en réchauffant le tout dans une grosse flamme on régularise la forme du ballon.

Ballon à fond plat.

Pour faire d'un ballon rond, une fiole ou ballon à fond plat, il suffit en tournant de chauffer dans la flamme le fond du ballon. Il s'aplatit alors de lui-même *e* (fig. 67). En aspirant ensuite par le col, le verre étant encore chaud, le fond rentre légèrement, on aplanit enfin avec le plat du couteau à verre.

Remarque. — Pour faire une boule, une olive ou un ballon, lorsque tout le verre est rassemblé, le soufflage doit être fait en une seule fois. Si par hasard on est obligé de souffler une seconde fois la boule, soit pour atteindre la grosseur voulue qui n'a pas été obtenue la première fois, soit parce qu'elle n'était pas convenablement réussie, et qu'on veut la rendre

plus uniforme, on est obligé de chauffer et de rassembler à nouveau la masse de verre.

Le mouvement centrifuge ne permet pas toujours, dans le cas d'une boule à refaire, le rassemblement du verre d'une façon satisfaisante même pour quelqu'un de très exercé ; il jette plutôt le verre en dehors de l'axe, le rassemble avec des épaisseurs irrégulières, et il arrive, ce qui est une déception pour les débutants, que la sphère est bien moins réussie que la première fois. Donc il est nécessaire pour obtenir une boule, de rassembler le verre suffisant, de chauffer cette masse d'une façon uniforme et de souffler sans s'arrêter, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la grosseur de la boule désirée.

Le souffleur se rendra compte des dimensions à donner au ballon en prenant le diamètre extérieur au moyen du pied à coulisse.

La table ci-dessous donne suivant le volume, le diamètre que doit avoir la boule ou le ballon.

VOLUMES en centimètres cubes.	DIAMÈTRE en centimètres.	VOLUMES en centimètres cubes.	DIAMÈTRE en centimètres.
10	2,78	90	5,67
15	3,17	100	5,87
20	3,48	125	6,31
30	3,96	150	6,71
50	4,68	200	7,36
60	4,97	250	7,93

Soudures.

Avant de faire une soudure il est nécessaire de chauffer le verre sur une assez grande surface et sur toute la section du tube. Si l'on a plusieurs soudures à faire suivant une même section, il faut préalablement préparer toutes les extrémités à souder et ne point s'interrompre au moment des soudures ; le

verre doit rester constamment chaud pendant le travail, sinon il casse le plus souvent.

Toute soudure doit être faite très rapidement surtout sur les gros tubes. On doit bien chauffer les deux parties à souder et lorsque le verre est rouge blanc, appliquer les deux parties l'une contre l'autre, tirer légèrement et souffler, régulariser la soudure au besoin, mais très vite, porter au rouge, la partie opposée à la soudure dans le cas des soudures latérales, et pour les soudures en bout porter au rouge l'ensemble de la soudure, puis comme pour toutes les soudures, chauffer un instant dans la flamme éclairante.

Il ne faut jamais travailler trop longtemps une soudure ou bien la composition du verre se trouve modifiée à cet endroit, le retrait du verre se fait d'une façon irrégulière et il y a rupture, non pas à la soudure, mais au voisinage immédiat de cette soudure. C'est là une déception pour les débutants qui souvent après de très nombreuses retouches obtiennent de belles soudures qui se brisent au refroidissement, c'est qu'ils ont chauffé le verre pendant trop longtemps.

Dans le cas d'une soudure où les deux parties ont été mal placées, au lieu de chercher à faire disparaître le défaut, il serait préférable de laisser les choses en l'état, et simplement porter l'ensemble au rouge et recuire ; la soudure ne sera pas jolie mais tiendra plus sûrement.

Soudure de deux tubes bout a bout (fig. 68). — Pour souder deux tubes de mêmes diamètres on ferme d'abord l'un des tubes

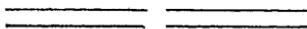



Fig. 68.

à son extrémité avec un bouchon, ou bien à l'aide d'un caoutchouc fermé par un bout de verre plein ; puis l'on chauffe l'extrémité ouverte des deux tubes en même temps, en les tournant dans la flamme.

Quand ils sont bien chauds, on les applique l'un contre

l'autre en appuyant légèrement, puis en les tirant aussitôt modérément pour déployer la soudure. L'on souffle alors afin de régulariser le diamètre de la soudure et égaliser l'épaisseur du verre.

Soudure de deux tubes de diamètres différents (fig. 69). — On rétrécit d'abord l'extrémité du plus gros tube comme l'indique la figure, afin de l'amener à posséder le même diamètre que

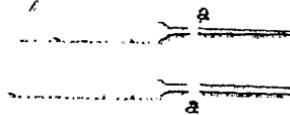



Fig. 69.

celui du tube le plus étroit. Pour cela on étire le gros tube et on le coupe ensuite avec le couteau à verre, à l'endroit du diamètre voulu. On peut encore fermer, à la flamme, le tube en cet endroit, puis l'ouvrir en faisant un pétard. A partir de ce moment on opère comme dans le cas précédent, cependant dans le cas des soudures de deux tubes de diamètres différents, le chauffage se fera surtout sur le plus gros tube, le petit tube ne devant pas être déformé.

Soudure d'un petit tube sur un ballon ou fiole à col large (fig. 70). — Comme précédemment on rétrécit d'abord le col,

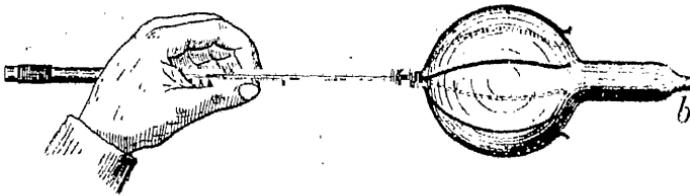



Fig. 70.

pour l'amener au diamètre du tube à souder, et l'on termine comme plus haut. Pour tourner régulièrement le col du ballon dans la flamme, on se sert de la pince métallique (fig. 34), qui

permet de tenir le ballon dans la flamme et de le tourner avec facilité sans cependant se brûler les doigts

Soudures latérales.

Pour faire un tube en T on ferme d'abord provisoirement les deux tubes A, B (fig. 71) à une seule de leurs deux extrémités. Au lieu de boucher, on peut fermer deux extrémités à la flamme en les effilant. L'on dirige la pointe d'une flamme assez fine sur l'un des tubes à l'endroit où l'on veut placer la soudure ; en

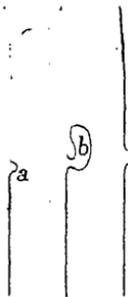



Fig. 71.

soufflant hors de la flamme, il se produit un petit appendice *a*, on chauffe alors l'extrémité de cet appendice et l'on souffle une seconde fois ; il se produit une boule très mince qui éclate ou que l'on coupe au couteau à verre.

Le premier tube est alors percé en *b*. On peut aussi arriver au même résultat en chauffant l'endroit où l'on veut faire la soudure, avec une flamme très fine, en posant ensuite sur l'endroit chauffé au rouge, une pointe de verre avec laquelle on étire une pointe que l'on coupe assez près du tube en *c*. Par ce dernier procédé la soudure à faire sera un peu plus éloignée du tube sur lequel on soude et par conséquent un peu plus facile. On risquera moins de déformer le tube lors de la confection de la soudure.

Le premier tube étant percé par l'un ou l'autre de ces pro-

cédés, on chauffe au rouge cette ouverture en même temps que le deuxième tube à souder, puis l'on pose le tube latéral sur l'ouverture en appuyant très peu et retirant légèrement aussitôt après, pour dégager la soudure. Il ne reste plus dès lors qu'à chauffer et souffler successivement chaque point de contact pour bien mélanger le verre. La soudure peut être faite d'un seul coup si les verres sont suffisamment chauds pour permettre la pose, l'étirage et le soufflage.

Remarque. — Toutes les soudures doivent être recuites un instant dans la flamme éclairante et placées à l'abri des courants d'air, tant qu'elles ne sont pas revenues à la température ordinaire.

Dans les cas de soudures latérales — le chauffage s'exécutera surtout sur le tube latéral — la soudure devra être en dehors du tube vertical, ce dernier ne devant jamais être déformé.

Soudure en Y (fig. 72)

Le tube en Y (*b*) s'obtient en faisant d'abord un tube en T (*a*) et en repliant deux branches en V. On peut, quand on est suffisamment exercé, plier de suite un tube en forme de V, puis y souder à la partie inférieure *c* un autre tube *b*.

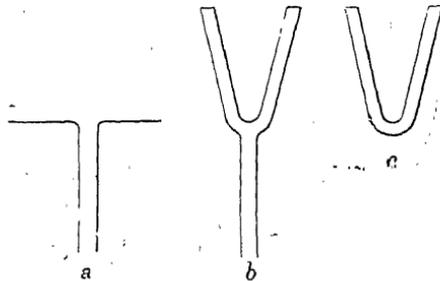



Fig. 72.

Remarque. — Dans la confection des soudures en général, après avoir appliqué les deux tubes l'un contre l'autre, on

s'aperçoit parfois en soufflant qu'il y a un trou ; le tube posé sur l'autre n'ayant pas adhéré suivant toute sa section. On obturera ce trou en le bouchant avec du verre de même nature, soit en le déposant avec un tube effilé qu'on fait fondre dans la flamme, soit encore en obligeant à l'aide d'une pointe métallique les bords *chauds* du trou à se ressouder (Voir *Félure d'un tube*).

Soudure de quatre tubes, deux à deux parallèles ou réunir deux tubes parallèles par deux tubes transversaux (fig. 73-74).

Les tubes *ab* et *cf* étant déjà agencés comme le montre la figure 73. Il s'agit d'effectuer les soudures en *c* et en *d*. Pour cela on commence par fermer les extrémités *a*, *b*, *c*, *e* au

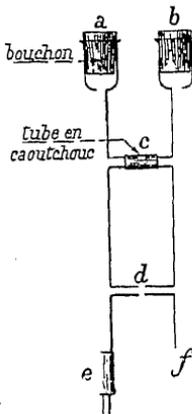
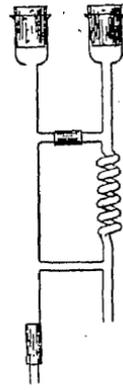



Fig. 73. Fig. 74.

moyen de bouchons. On raccorde les deux parties de l'appareil en *c* par un caoutchouc, les deux tubes se touchant. En *d* on effectue la soudure à la façon ordinaire en appuyant l'une contre l'autre, les extrémités des deux tubes quand ils sont chauds puis en les tirant légèrement, et l'on régularise la sou-

dure en soufflant par la seule extrémité laissée ouverte *f*. Cette soudure en *d* étant réalisée, on coupe longitudinalement le caoutchouc en *c* pour permettre d'y faire la soudure, après chauffage avec une petite flamme ; ou bien l'on rapporte du verre au moyen d'un tube de verre effilé et de même nature, à l'aide d'une pointe métallique on oblige les extrémités des deux tubes à se rejoindre et à se souder, et l'on régularise cette soudure en soufflant en *f*.

Cet appareil revenu à la température ordinaire subit en général une forte tension aux soudures, du fait de la présence des deux tubes transversaux. On pourra réduire cette tension au point de n'être plus dangereuse, en constituant l'une des branches parallèles, ou du moins une partie de cette branche par un serpentin (fig. 74) qui étant plus élastique absorbera et répartira uniformément la tension des soudures. Donc plus de bris à craindre.

Remarque. — Les explications précédentes s'appliquent à la construction de tous les appareils présentant une disposition analogue.

Remarque générale. — Une soudure tiendra toujours mieux surtout sur un gros tube, si on a pris soin au préalable de faire, sur ce dernier, une boule ou un léger renflement *a* sur lequel sera appliqué la soudure (fig. 75).

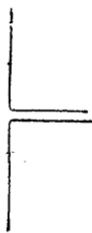



Fig. 75. Fig. 76.

Il serait même préférable dans le cas des tubes de très gros diamètres de couper le tube, de le ressouder, et à l'endroit même de cette soudure de placer le tube latéral (fig. 76). L'ensemble de ces soudures ayant été longuement recuit, la contraction lors du refroidissement se fait d'une manière plus uniforme et il y a moins de chance de rupture spontanée.

Les soudures latérales sur les gros tubes se font de la même façon que sur les tubes de petit diamètre, mais il faudra tou-

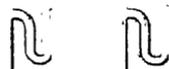
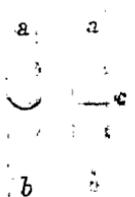
jours avoir soin de recuire et surtout de porter au rouge la partie du gros tube diamétralement opposée à la soudure latérale, afin d'uniformiser la tension dans le verre.

Tube soudé à ses deux extrémités, sur un tube de verre

De pareilles soudures se présentent par exemple dans la fabrication de siphons pour retour du liquide.

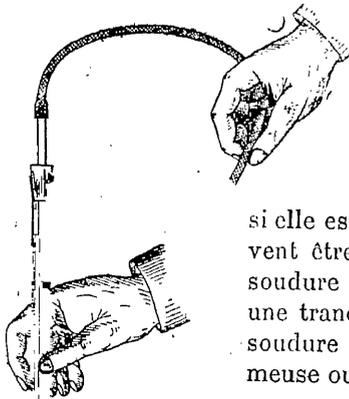
La première soudure est d'abord faite comme une soudure latérale ordinaire. Ensuite l'on perce le gros tube soit par formation d'une pointe étirée extérieurement que l'on coupe ensuite assez près du tube principal, soit par le procédé du pétard.

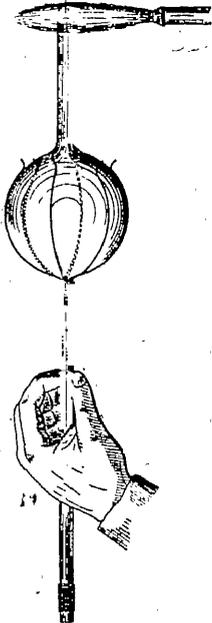
Fig. 77.

L'on ramène alors devant cette ouverture, l'extrémité du tube à souder en *a* (fig. 77). On chauffe les deux parties à souder et au moyen d'une pointe de même verre qu'on fait fondre, on rapporte du verre à l'endroit où il en manque en *a* de façon à faire se rejoindre ces deux parties à souder. Dès lors en soufflant intérieurement et chauffant, l'on achève et régularise cette soudure comme une soudure ordinaire.

Soudure d'un tube fermé sur le prolongement d'un tube ouvert ou cloison.

a a c b b

Fig. 78.

On ferme d'abord le tube *a* (fig. 78) comme pour en faire un tube à essai. On chauffe ensuite le fond du tube *a* et le bout du tube *b*, on les applique l'un contre l'autre lorsque le verre est pâteux. L'on

achève comme dans le cas d'une soudure ordinaire en chauffant et soufflant alternativement dans l'un et dans l'autre des deux tubes *a* et *b* afin d'uniformiser la soudure. Cette soudure ne tiendra que si elle est très bien faite, les verres doivent être bien fondus et mélangés. La soudure doit donner par transparence une tranche brillante; l'ensemble de la soudure est recuit dans la flamme fumeuse ou éclairante.

Souder un long tube sur le col d'un ballon à long col.

On ferme l'extrémité du tube à souder par un bouchon traversé d'un tube de verre et muni d'un caoutchouc souple suffisamment long pour arriver à la bouche (fig. 79). C'est par ce caoutchouc auxiliaire que l'on soufflera pour régulariser la soudure. On maintient le ballon à l'aide de la griffe spéciale (fig. 34).

Il est plus commode d'opérer à deux, la personne la plus exercée des deux au travail du verre fait la soudure et commande à la deuxième personne un soufflage plus ou moins fort.

Fig. 79.

Soudure interne ou double soudure.

La soudure interne ou double soudure est un des procédés le plus fréquemment

utilisé dans la construction de nombreux appareils; c'est pourquoi nous avons tenu à donner toutes les indications possibles pour que les travailleurs de laboratoires puissent l'exécuter avec succès. La soudure interne paraît compliquée; c'est cependant la soudure la plus facile à faire.

Les débutants devront s'exercer, tout d'abord, à bien faire la soudure interne dans un tube (fig. 80). Ce n'est que lorsqu'ils réussiront avec sûreté cette première soudure, qu'ils pourront alors s'exercer à faire la soudure interne dans une olive ou dans une boule.

Le débutant doit procéder graduellement sans quoi il ne réussit pas ses premières soudures, ce qui le décourage.

Dans la soudure interne du tube dans l'olive ou dans une boule, il y a quelques difficultés; le débutant n'a pas une sûreté de main suffisante, il tourne le verre d'une façon irrégulière, le tube interne se place mal, il n'adhère pas sur toute sa périphérie aux parois de l'olive, et au refroidissement il casse.

Dans la soudure interne, il faut souffler avec force pour faire déployer la soudure, sans quoi, il se forme une trop grosse épaisseur, et pour peu qu'on ait insuffisamment recuit, il y a toujours rupture.

Soudure interne.

Il s'agit de souder à l'intérieur d'un tube *a* un autre tube *b*.

On étire tout d'abord le gros tube *a*.

On évase le petit tube *b* par le procédé du pétard.

On place le petit tube *b* dans le gros *a*, l'évasement du petit (fig. 80) du même côté que la partie étirée du gros. On ferme le gros tube par un bouchon traversé d'une tige de verre assez longue pour servir de support axial au petit tube.

Le gros tube étant disposé horizontalement, on amène l'évasement du tube intérieur à proximité de la partie étirée du tube extérieur tout en tournant au moyen des deux mains les

tubes sur eux-mêmes. On chauffe au rouge la partie étirée *c* l'endroit de la soudure à faire.

En redressant alors verticalement avant refroidissement l

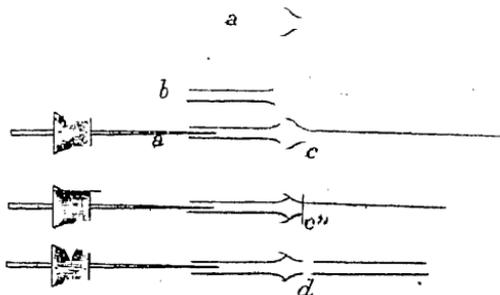



Fig. 80.

gros tube, la partie étirée en bas, le tube intérieur gliss et vient adhérer sur la partie rétrécie. En chauffant et sou flant successivement par la partie étirée, on égalise la sou dure qui sera terminée quand sa tranche sera bril lante et d'épaisseur uniforme. On coupe ensuit avec le couteau à verre, la partie étirée près de l soudure en *c* par exemple. On soude en *d* un tub de diamètre convenable. Cette dernière soudure pour but de permettre au verre de se dilater plu facilement; plus il y a de soudures rapprochée de la soudure interne, moins il y a de chance d rupture.

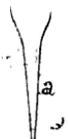



Fig. 81.

Soudure interne d'un tube fermé à un bout.

On prépare d'abord le tube interne comme il es indiqué plus haut, on le ferme comme s'il s'agis sait d'un tube à essai. La double soudure se fer comme il a été mentionné plus haut, mais pour la régulariser il faudra souffler alternativement par la tubulure *a* puis pa la tubulure *b* (fig. 81).

Autre procédé pour faire une soudure interne (fig. 82). — On fait d'abord sur le tube *a* une boule que l'on refoule sur elle-même *b*, on coupe le tube en *c* à la longueur voulue. Puis on introduit la boule dans le tube comme il est figuré en *d*, on chauffe fortement suivant la circonférence de contact, la boule

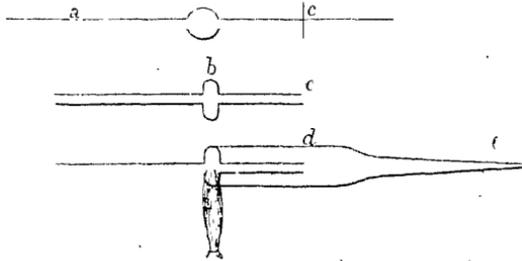



Fig. 82.

se soude au tube *d*. Cette façon de procéder ne doit être employée que lorsqu'il est impossible de jeter dans l'intérieur le tube à souder, et de le maintenir dans une bonne position. C'est le cas par exemple d'appareils encombrants pour lesquels les pièces ne peuvent être tournées dans la flamme du chalumeau.

Soudure interne d'un tube dans une olive ou dans une boule.

On fait tout d'abord une boule ou une olive *a*. On évase le tube interne *b* par le moyen du pétard. On coupe la pointe de l'olive en *c*. On introduit le tube interne *b* dans l'olive. Après avoir fermé l'autre pointe on soude la pointe de verre *d*. On chauffe ensuite l'ensemble de la soudure en *e* (fig. 83). Le verre étant chaud on renverse la main droite et on relève la main gauche; comme l'olive est inclinée, le tube interne vient se placer en *f* (fig. 84). On fait la soudure; quand cette dernière se présente brillante, elle est terminée. On coupe à nou-

veau la pointe en *g* et on soude enfin le tube de prolongement *h* (fig. 85).

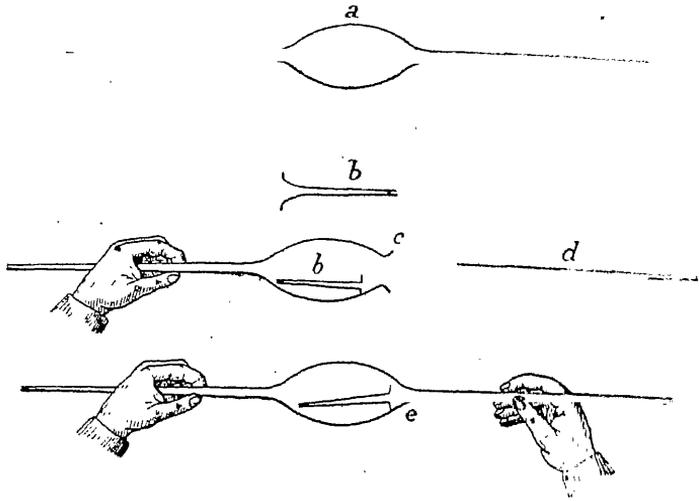



Fig. 83.

Nota. — Si nous conseillons de couper la pointe de l'olive,

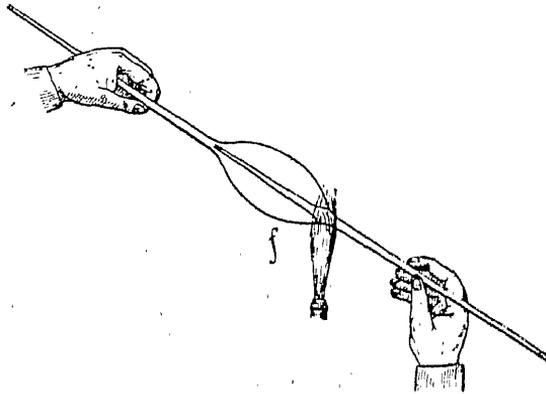



Fig. 84.

de la souder, de la couper à nouveau, pour enfin souder la

tubulure h, c'est qu'en multipliant le nombre des soudures au

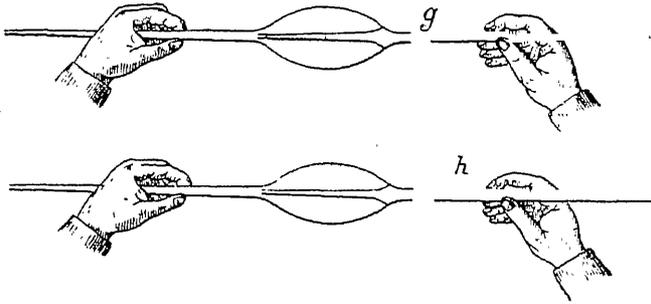



Fig. 85.

voisinage d'une double soudure interne, on diminue beaucoup les chances de rupture ; c'est un fait d'expérience.

Soudure interne posée latéralement (fig. 86).

On prépare le tube intérieur en évasant l'extrémité à souder au moyen du pétard ou à la pointe métallique. On le courbe

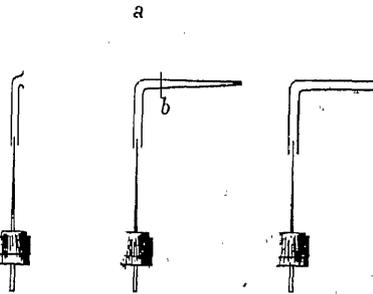



Fig. 86.

ensuite mais de façon qu'il puisse entrer facilement dans le tube principal. On l'introduit dans le tube principal a, puis on

chauffe la paroi extérieure de ce tube avec un dard très fin à l'endroit où repose le tube à souder, maintenu par des tampons d'amiante ou par une pointe de verre traversant un bouchon et servant d'axe au tube à souder. Le verre étant chaud on fait appuyer à cet endroit l'extrémité du tube intérieur à souder, la soudure se fait. On applique ensuite extérieurement un bout de verre chaud de façon à étirer une pointe de verre que l'on coupe en *b* à la pince ou au couteau. On pratique ainsi dans l'enveloppe le trou correspondant au tube; il ne reste plus qu'à régulariser la soudure avec une pointe de métal passée préalablement dans la cire pour empêcher son adhérence au verre.

Si on veut prolonger le petit tube interne par un tube extérieur, comme le montre la figure 3, il suffit d'appliquer sur la soudure encore rouge, le tube également chaud, et d'achever comme pour une soudure ordinaire.

Soudure interne en son milieu d'un tube fermé à ses deux extrémités.

Le tube interne *b* est muni préalablement d'une courte tubu-

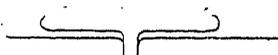



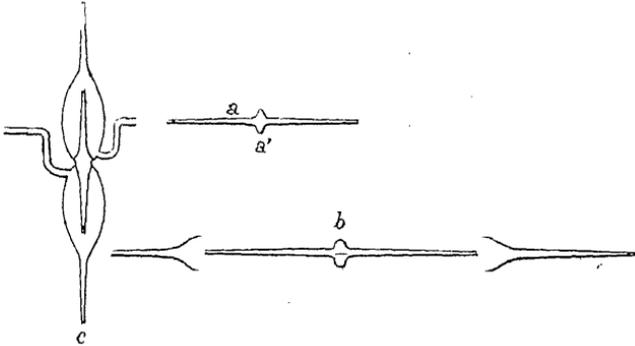
Fig. 87.

lure (fig. 87). On pratique ensuite la soudure interne comme il a été expliqué précédemment.

Soudure interne d'un tube en son milieu (fig. 88).

Le tube interne *a* est renflé en son milieu, en y soufflant une boule *a'* mince que l'on repousse sur elle-même. Ce tube est ensuite placé dans son enveloppe *b* que l'on chauffe avec une

large flamme jusqu'à ce que les parois du tube adhèrent sur toute la circonférence de la boule interne du tube *a*. Par chauf-

Fig. 88.

fages et soufflages successifs, en termine la soudure qui doit être recuite un certain temps à la flamme éclairante.

Ce dispositif de soudure peut servir dans la construction des laveurs doubles *c*.

Soudure d'un tube à ses deux extrémités.

Cette soudure présentant une très grande tension, il est nécessaire de multiplier les soudures pour diviser et diminuer la tension. On fait d'abord une première soudure *a* sur le tube interne déjà étiré, puis sur cette soudure un pétard *b* que l'on évase à la pointe. On répète ces mêmes opérations à l'autre extrémité *c* (fig. 89).

On soude ensuite le tube intérieur à son enveloppe en *d*, on coupe le tube extérieur en *e* tout à côté de la soudure interne, et on fait la soudure de la tubulure définitive *f*; on attend quelques heures jusqu'à ce que le verre ait pris un état d'équilibre stable par refroidissement.

On soude alors le tube intérieur à son enveloppe à l'extrémité *h*, après avoir préalablement étiré une pointe *g* sur l'enve-

loppe ou soudé une tubulure latérale afin de pouvoir régulariser

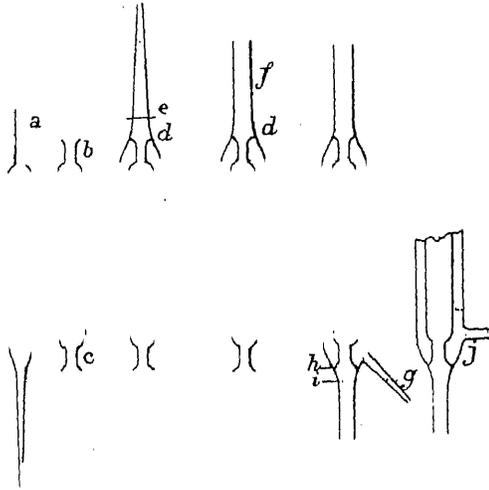



Fig. 89.

la soudure par soufflage. Les soudures *h* et *i* étant faites, on coupe la pointe *g* au ras de l'enveloppe avec la flamme.

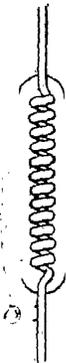
Remarque. — Les soudures internes sont plus solides quand on leur adjoint une soudure latérale à portée de la double soudure *j*. Ceci répartit certainement plus uniformément la tension ; aussi a-t-on souvent intérêt à faire cette soudure latérale, même si elle ne doit pas servir expressément.

Soudure interne d'un serpentin (fig. 90).

Fig. 90.

Cette soudure se fait comme la précédente, mais elle présente moins de chances de rupture, car la tension du verre se répartit mieux grâce à l'élasticité du serpentin.

Soudure interne repoussée.

Pour faire une soudure interne avec un tube extrêmement court, comme il est représenté figure 91, le procédé ordinaire ne suffit pas.

Dans ce cas particulier on étire tout d'abord le tube principal de façon à lui donner la forme représentée en *b*. On le coupe

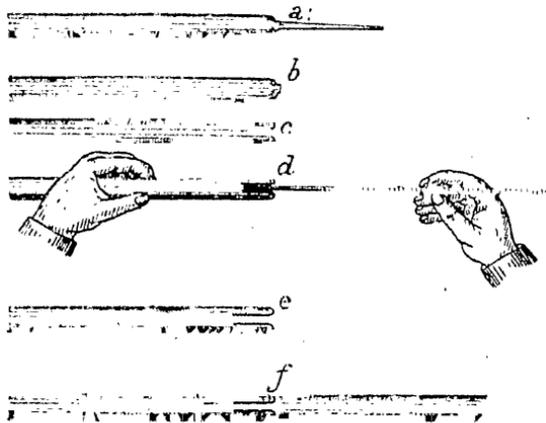



Fig. 91.

en *c* à la longueur voulue, puis avec un couteau à verre par exemple, on appuie en *c* sur la partie étirée et chauffée ; l'on obtient ainsi la forme représentée dans la figure ; enfin avec une pointe métallique, l'on repousse à l'intérieur du tube le verre qui a été aplati en *d* et qui est encore chaud et pâteux, d'où la disposition représentée en *e*. La partie étirée a été retournée, ainsi qu'il arrive pour un gant que l'on enlève de la main sans tirer sur les extrémités des doigts. (Ce tube peut être utilisé dans quelques appareils spéciaux).

Le retournement effectué, il suffit de souder un tube de même diamètre que le tube extérieur pour obtenir une soudure interne *f*.

Tube en U.

Le tube coupé et bordé à la flamme est bouché à une de se extrémités. On marque à la craie, ou mieux avec le crayon à écrire sur le verre, le milieu du tube où on doit le chauffe et plier. Contrairement à la façon de tenir le tube, indiqué (fig. 46-48), pour faire le tube en U, on tient le tube de verr entre le pouce et l'index de chaque main, les paumes en

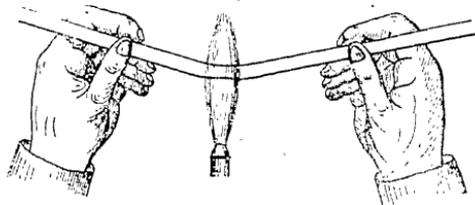



Fig. 92.

dessus (fig. 92). On le chauffe dans une grande flamme en déplaçant continuellement pour ramollir de part et d'autre du trait, la longueur suffisante à la courbure. Il faut chauffer davantage la partie convexe dont le développement est plus considérable à la courbure que celui de la partie concave. Dès que le verre est au rouge sombre, on le sort de la flamme et on le plie d'un seul coup, tout en soufflant dans l'intérieur pour maintenir le diamètre uniforme *a*.

Pendant le pliage, en même temps qu'on rapproche les extrémités du tube pour former l'U, les mains tournent autour du poignet vers l'intérieur, ce mouvement se transmet à la courbure où le verre est à l'état pâteux et fait prendre au tube une forme arrondie en demi-cercle (fig. 93).

Si la concavité présente un écrasement, on peut régulariser la courbure en chauffant l'endroit écrasé avec une large flamme et soufflant convenablement. Cette correction doit être faite sur le tube qui vient d'être construit, assez tôt après pour que

l'ensemble n'ait pas le temps de se refroidir et puisse se prêter au soufflage.

Pour les tubes en U de diamètre moyen la courbure se fait en une seule fois. Pour les gros tubes en U la flexion peut être faite en plusieurs fois.

Le tube en U (*b*) devant porter des tubulures, on pratique les soudures sur le tube en U terminé.

Si le tube en U (*c*) doit porter une tubulure (fig. 94) pliée avec boule, cette tubulure est soudée avant la formation de l'U.

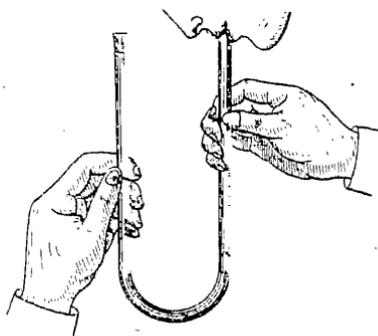
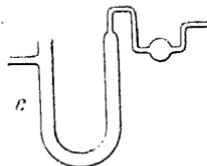
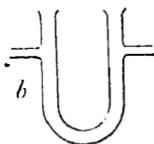
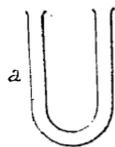



Fig. 93. Fig. 94.

Pendant que le verre est encore chaud, on s'assure que les branches sont bien dans le même plan : en plaçant l'œil dans le plan, une des branches doit cacher l'autre.

Souder un tube de verre sur la courbure d'un tube en U.

Dans le cas de tubes ayant un diamètre de 12 à 16 millimètres au maximum, on effectuera cette soudure comme une soudure ordinaire. Pour les tubes en U de gros diamètres, la soudure

demandera quelques précautions, sans quoi par refroi
ment et contraction de l'ensemble de la soudure, il y aur

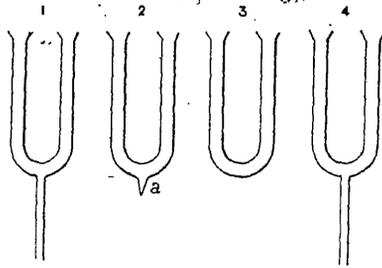
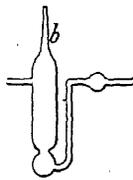



Fig. 95.

vent bris. Cet accident est dû à la différence d'épaisseur c
paroi intérieure et de la paroi extérieure du tube en U.
l'évitera en renforçant la paroi extérieure (fig. 95). Pour
on soudera tout d'abord un tube de verre comme s'il dev
rester (1), puis on détachera ce tube en l
rant en (*a* 2), on régularisera la surface ext
par soufflage et chauffage de la nouvelle p
ainsi formée (3). Ce n'est qu'à ce mon
qu'on fixera la soudure définitive (4).

Les tubes en U pour analyses organiq
sont destinés à contenir des matières avi
d'eau ou d'acide carbonique.

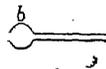
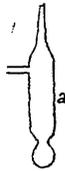
Les tubes en U ordinaires sont fragiles
ont par suite besoin d'être manipulés a
précaution. Aussi les remplace-t-on avar
geusement par le tube (
96, *b*) peu encombrant
de construction facile,
peu fragile à cause de l
lasticité du petit tube

b

Fig. 96.

boule. Il suffit de couper la pointe *b* pour vider l'appareil
le remplir d'une matière nouvelle lorsque la matière des
chante première, est hors d'usage.

Construction. — La première partie *a* est construite d'abo

avec un tube de verre d'un diamètre de 18 à 20 millimètres. Puis on prépare le petit tube à boule *b* avec un tube de verre d'un diamètre de 5 à 6 millimètres. On le soude à la base du tube *a*, on le plie en le rapprochant le plus près possible du tube principal *a* ce qui diminue sa fragilité.

Serpentins ou hélices.

Pour faire un serpentin de petit diamètre, on emploie un chalumeau puissant donnant une large flamme. Le tube droit à enrouler en hélice est tenu dans la flamme, légèrement incliné sur l'horizontale de façon à en chauffer une assez grande longueur (fig. 97). En dehors de la flamme, le verre étant encore

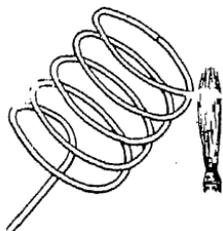



Fig. 97.

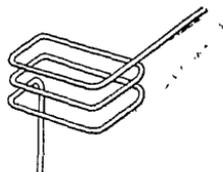



Fig. 98.

chaud, on lui donne la forme d'un arc de cercle en chauffant le tube droit à l'endroit non encore enroulé, puis sortant de la flamme, on poursuit la formation de la spire, et ainsi de suite, en ayant soin de maintenir le même écart et une même courbure entre les spires.

Pour les serpentins de gros diamètres, on opère de la même façon, mais en soufflant au fur et à mesure de l'enroulement, afin d'éviter tout écrasement du tube coudé.

Les serpentins prismatiques (fig. 98) sont plus faciles à faire que les serpentins cylindriques ; ils possèdent d'ailleurs une plus grande élasticité. Ici il n'y aura qu'à courber le tube à angle droit quatre fois et à intervalles égaux pour faire une spire,

on aura d'ailleurs soin de conserver la même inclinaison et partant le même écart entre les spires.

Enrouler un tube en spirale.

On étire d'abord légèrement le tube à l'une de ses extrémités, puis on le plie à angle droit au milieu de sa partie étirée afin de former un support (fig. 99). Le support maintenu dans la main

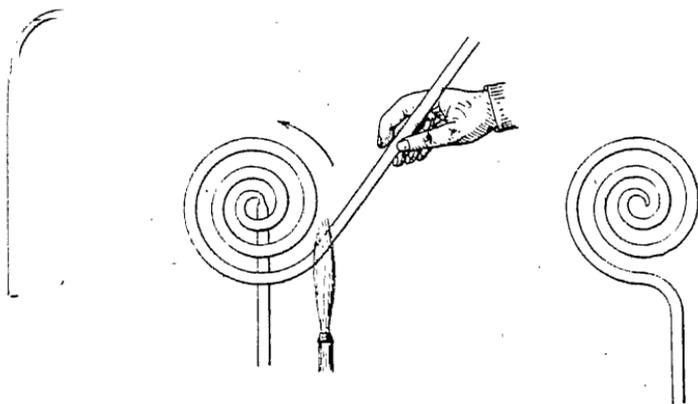



Fig. 99.

gauche étant dirigé vers le bas, l'on chauffe le tube à partir du coude. Le ramollissement obtenu, on produit l'enroulement hors de la flamme. On chauffe progressivement le tube de verre en partant de la partie déjà enroulée et on produit toujours l'enroulement hors de la flamme. Il faut bien s'assurer que l'enroulement se fait dans le même plan alors que le verre est encore chaud.

Pour les tubes d'un diamètre supérieur à 10 millimètres, il faudra souffler lors de l'enroulement afin d'éviter l'écrasement. L'enroulement fini, avec le dard très fin du chalumeau on fera fondre le verre à l'endroit où la spirale est attachée au support.

Citons comme application des spirales planes certains

régulateurs de thermostat. L'ensemble de la spirale présente un grand volume de liquide sous des dimensions peu encombrantes, et par suite une dilatation très appréciable pour une faible variation de température.

Courbure de deux tubes l'un dans l'autre.

Le petit tube placé dans l'intérieur du gros est maintenu bien centré à l'aide de morceaux de liège comme le représente

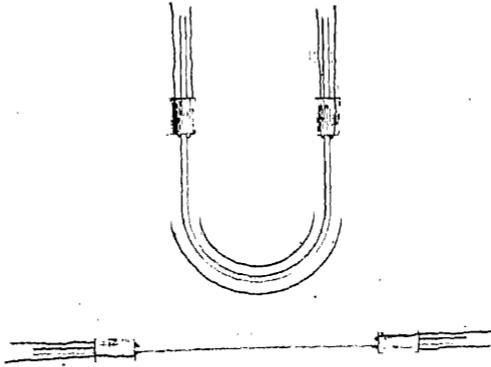



Fig. 100.

la figure 68. L'ensemble des deux tubes porté étant au rouge sombre, on les plie en évitant leur contact (voir Tube en U, fig. 93).

Lorsque la courbure est faite les lièges sont retirés à l'aide des ficelles qui y sont attachées.

Soudure d'un fil de platine sur le verre.

Pour souder sur un tube de verre par exemple, un fil de platine de 3/10 de millimètres d'épaisseur environ, on fait sur le tube de verre à l'endroit voulu un trou de dimension convenable

en *a* s'il s'agit d'une soudure en bout, soit par le moyen du pétard, soit en faisant une pointe étirée que l'on coupe ensuite. On enroule alors le fil de platine à souder, d'une perle de verre ; pour cela on fait fondre une pointe du même verre que le tube, sur le fil de platine chauffé. On pose ensuite le fil avec sa perle dans le trou déjà préparé sur le tube de verre. On pratique la soudure de la perle au verre, et on régularise la soudure en soufflant par le tube de verre (fig. 101).

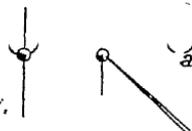



Fig. 101.

Dans le cas de fil de platine plus gros, on se sert pour la confection de la perle, du verre émail à base de plomb. Ce verre a un coefficient de dilatation très voisin de celui du platine.

Hélice sur un tube de verre ou vis creuse

Pour faire une vis creuse, on prend un tube dans lequel on soude un tube plus petit qui servira d'axe (voir soudure interne). Ce tube pourra être dessoudé et retiré. On le conservera au contraire, si cette partie convient à la construction d'un appareil.

Le tube interne étant soudé (1) on dirige alors le dard très fin du chalumeau sur le tube extérieur, puis quand le verre est chaud on le repousse, vers l'intérieur, avec le couteau à verre, aussi près que possible du tube central mais sans toucher celui-ci. En poursuivant ces opérations tout en tournant le tube, on lui donne extérieurement une forme de vis, et intérieurement une forme d'escalier tournant (2) (fig. 102).

Fig. 102.

On verra dans la deuxième partie de cet ouvrage l'applica-

tion de cette construction à la fabrication d'un laveur de notre invention.

Faire une vis en verre.

Pour faire une vis en verre, on se sert d'une tige de verre plein sur laquelle on enroule une autre tige de verre d'un dia-

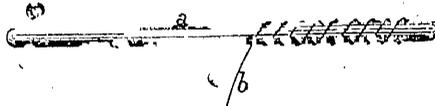



Fig. 103.

mètre plus petit (fig. 103). Maintenant au rouge la tige principale *a* dans la flamme on enroule la petite tige *b* également chauffée au rouge ; la soudure se produit. On recuit avec soin le tout dans une large flamme.

La vis peut-être une partie constitutive de certains appareils..

Faire une bille de verre.

(Bille de verre pouvant servir d'accessoires dans le cas d'appareils spéciaux.)

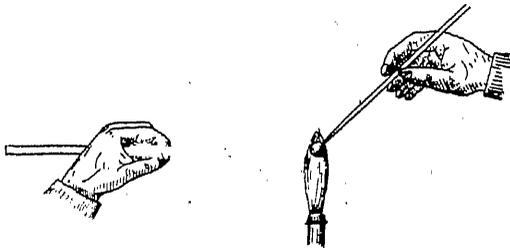



Fig. 104.

Construction. — On dépose sur l'extrémité d'une pointe de métal (fig. 104) que l'on tourne dans la flamme du chalumeau, du verre fondu provenant d'un tube de verre étiré (de préférence

du cristal). Le mouvement de rotation régulier dans la flamme du chalumeau donne au verre accumulé au bout de la pointe métallique une forme sphérique. Quand on a une quantité suffisante de verre et que la boule atteint la grosseur désirée, on laisse refroidir, puis on détache la bille de sa pointe support, par un coup sec, au moyen du couteau à verre.

Pointes repoussées intérieurement.

La partie à repousser est chauffée avec un dard très fin. Quand cette partie du verre est très chaude, on la repousse avec une pointe métallique préalablement passée sur de la cire ou de la paraffine pour empêcher son adhérence au verre (fig. 105). La pointe de verre sera ronde, pointue, plate, triangulaire suivant la forme de la pointe métallique employée. Comme pointe métallique on peut se servir d'une vieille lime, que l'on a passée à la meule pour supprimer les stries. Prendre de préférence l'acier ou le fer. Les pointes, selon les besoins peuvent être obliques ou perpendiculaires aux parois du verre.

Fig. 105.

Pointes repoussées extérieurement.

La partie à repousser extérieurement est chauffée avec

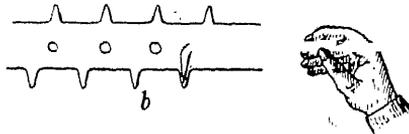



Fig. 106.

un dard très fin. Quand le verre est suffisamment ramolli, on le repousse au moyen d'une tige de fer recourbée, tenue

pendant le chauffage tout près de l'endroit à repousser *b* (fig. 106).

Manière de faire des cloisons dans un tube de verre par des pointes repoussées (système Vigreux) (fig. 107).

Au moyen d'une petite flamme on chauffe fortement la surface du verre à repousser, quand la matière est très chaude, on enfonce cette partie du verre *a* au moyen d'une pointe métal-

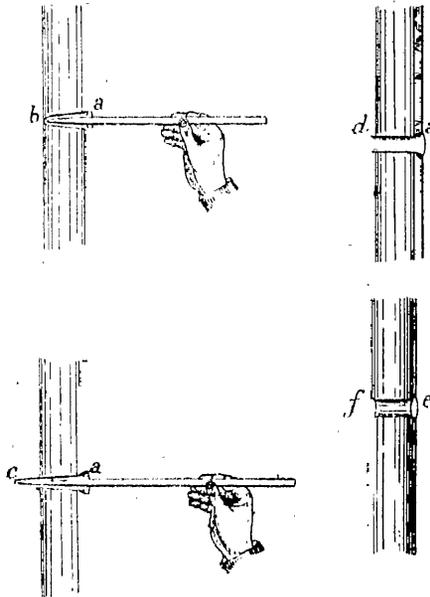



Fig. 107.

lique jusqu'à faire toucher la paroi opposée *b*, puis à l'instant même on chauffe en *b*, le verre s'affaisse et vient se coller au sommet de la pointe de verre, à ce moment on enfonce par *a* une pointe métallique fine et on repousse l'épaisseur de verre formée en dehors du tube principal *c*. On coupe cette pointe *c*

au ras de la paroi du verre en *d*, au moyen d'une pince coupante ce qui donne communication avec l'extérieur.

Il ne reste plus qu'à évaser au moyen d'une pointe métallique la soudure, à chauffer fortement en *e* et en *f* pour fondre et bien mélanger le verre.

Ce système peut être employé comme réfrigérant, comme appareil à fractionner, etc.

Percer des trous sur une surface de verre, cylindre, boule, ou olive, etc., 1,2 au moyen du chalumeau.

On dirige l'extrémité d'un fin dard sur l'endroit à percer; le verre étant ramolli, on touche l'endroit chauffé avec un tube

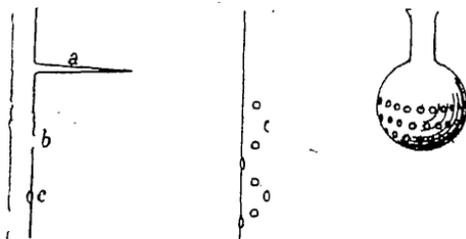



Fig. 108.

de verre chaud. Ce dernier adhérant, par son intermédiaire on exerce une traction; il se forme une pointe *a* qui pourra être d'autant plus large à sa base qu'on aura chauffé une plus large surface de verre. (fig. 108). L'on coupera la pointe à la pince en *b* et l'on bordera immédiatement avec le dard de la flamme le trou formé *c*. Cette suite d'opérations répétées donnera naissance à autant de trous qu'on le désire, soit sur un cylindre ou sur une boule.

Percement du verre.

Pour percer une plaque de verre, un tube ou un flacon, on se sert d'un poinçon à section carrée en métal très dur. L'on

trempe l'extrémité du poinçon dans de l'essence de térébenthine tenant en dissolution un peu de camphre. Par un mouvement contrarié de droite à gauche on désagrège peu à peu le verre.

En employant un villebrequin et une mèche(1) qu'on trempe dans la solution indiquée plus haut on peut faire un trou dans

Fig. 109.

un flacon presque aussi facilement que s'il s'agissait d'un morceau de bois (fig. 109).

La mèche dont on se sert pour percer les tonneaux convient très bien pour cet usage.

On régularise ou on agrandit le trou au moyen d'une lime ronde ou mieux d'une lime demi-ronde humectée avec la solution indiquée plus haut. La composition suivante donne aussi de bons résultats :

Faire digérer pendant huit jours 125 grammes de sel d'oseille et cinq gousses d'ail dans 60 grammes d'essence de térébenthine. Cete formule empirique et bizarre est celle qui est employée dans l'industrie.

Faire un pied sur un tube de verre pour le transformer en flacon.

On prend un tube de verre d'un diamètre convenable, on étire l'extrémité *a* de ce tube. On étire ensuite le tube en un autre endroit *b* voisin de l'extrémité. Tout en tournant dans la flamme la partie étirée on laisse le verre se rassembler jusqu'à ce qu'il se transforme en tige pleine *b*. De cette façon le tube

de verre est partagé en deux tubes reliés l'un à l'autre par leu fond. On chauffe le petit cylindre *c* que l'on transforme en boule (fig. 110). On coupe alors en *d* la pointe effilée de cette boule. On introduit dans la boule une pointe métallique s'appuyant comme un pivot sur le fond. On chauffe la boule tout en la faisant tourner régulièrement. La pointe métallique appuyant par sa génératrice sur les bords ramollis de la boule, produit l'évasement de plus en plus accentué de cette boule. On aplanit les bords du pied ainsi formé en appuyant sur lui, alors qu'il est encore ramolli, le plat du couteau à verre, ce qui donne finalement le flacon désiré.

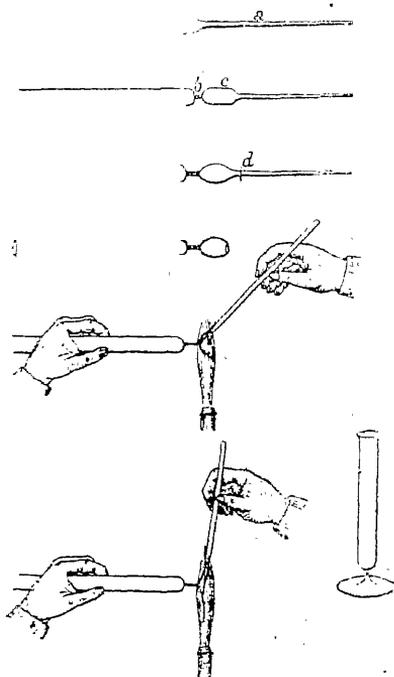



Fig. 110.

Pour faire un pied à un flacon, il existe une autre manière de procéder un peu plus difficile (fig. 111) mais tellement élégante et rapide qu'il convient de la décrire.

Comme précédemment, on fera tout d'abord le col du flacon et son étranglement *a*. A ce moment, on soufflera au bas du flacon une boule, elle devra être non sphérique mais légèrement écrasée afin d'affecter déjà un peu la forme du pied à faire. On coupera alors la pointe de cette boule en *b*. Tout en la tournant régulièrement avec la main gauche on en maintiendra la base dans la flamme du chalumeau. Ainsi automatiquement la boule s'ouvrira légèrement. — Cette dernière étant

toujours chaude, on prendra maintenant le tube de la main droite, que ce soit la pointe *b* si l'on a étiré le col du flacon,

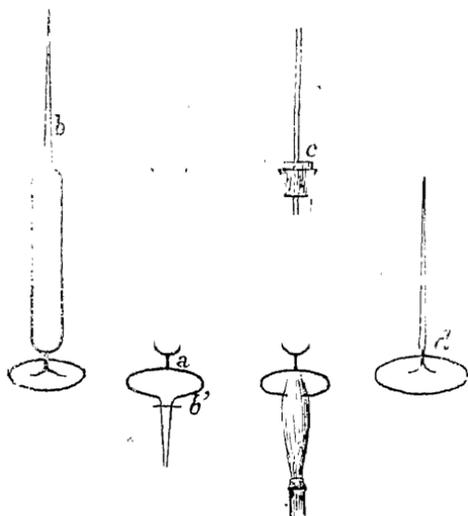



Fig. 111.

que ce soit un petit tube auxiliaire qui traverse le bouchon *c* dans le col du flacon, si l'on a déjà fait le col avant le pied.

Toujours en laissant la boule dans la flamme on produit avec le pouce et l'index un mouvement alternatif et sans arrêt de droite à gauche et de gauche à droite. Ces impulsions contrariées déploieront alors la base de la boule qui deviendra un pied à bord plat et d'épaisseur très régulière. Dans le cas d'un grand flacon exigeant un large pied on fera séparément le pied *d* qu'on soudera ensuite sur le flacon.

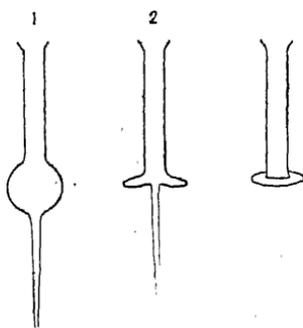



Fig. 112.

On peut encore utiliser le procédé suivant. On fait d'abord une boule (fig. 112) à l'extrémité du tube à transformer en

flacon ; on écrase cette boule (2) en chauffant et en exerçant ensuite une pression par la tige effilée. On fait disparaître la pointe en la coupant dans la flamme, à ce moment on aspire dans l'intérieur du flacon, et la boule vient se coller aux parois du tube en formant le pied.

On aplatit ce pied au moyen du couteau à verre, le verre étant chaud.

Flacon bouché à l'émeri.

Pour faire le col du flacon on étire le tube de verre des deux bouts *a*, puis on fait un étranglement en *b*, qu'on peut obtenir

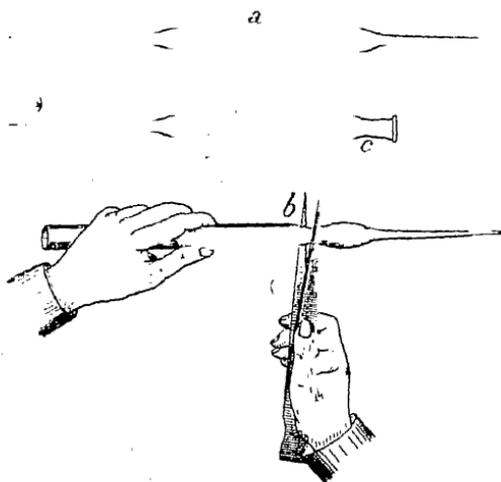



Fig. 113.

plus facilement en se servant de la pince (fig. 113), dans ce cas la partie *b*, encore ramollie, est serrée par la pince n° 35, ce qui donne un épaulement régulier *c*. L'ensemble du col est recuit un instant dans la flamme oxydante d'un bec Bunsen placé pour cet usage, à côté de l'opérateur. Sans cette précaution les parties du col du flacon se détacheraient au rodage. Une rayure, par

mporte quelle matière sur un tube de verre non recuit en ovoque la rupture.

Bouchon de verre.

On étire un tube de verre de façon à lui donner une forme nique *a*. On fait pénétrer le tube ainsi étiré dans le col rodé ı flacon *b*. On marque d'un trait au couteau à verre ou à la aie l'endroit *c* où il faudra faire l'étranglement, cet endroit

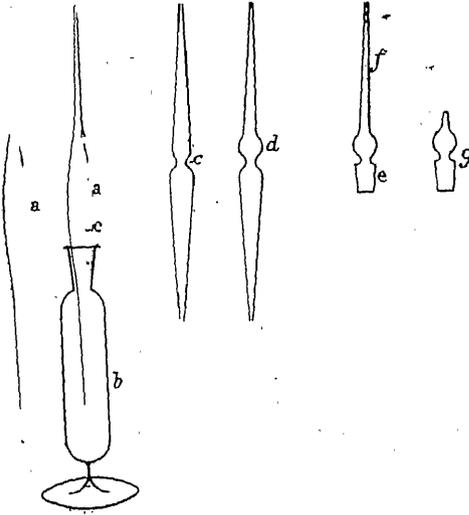



Fig. 114.

st pris à 1 centimètre environ au-dessus des bords du flacon, éjà rodé, car après l'usure du verre l'épaulement sera ramené ans le plan du goulot (fig. 114).

On rétrécit ensuite le tube *c* de façon à le rendre capillaire ans toutefois le fermer. On souffle légèrement la partie *d* de açon à faire une petite olive, puis on ferme le tube en *e* et on ıplanit le fond, en l'appuyant chaud sur le plat du couteau à verre.

Après rodage on se débarrasse de la pointe *f* qu'on coupe à la flamme. Ainsi on réalise un bouchon *g* à olive.

Si l'on veut un bouchon à tête plate, il suffit d'appuyer avec le couteau à verre sur l'olive encore chaude et posée sur une plaque métallique ou sur la table d'émailleur, si celle-ci est recouverte d'une tôle.

Rodage de deux tubes de verre l'un contre l'autre. Flacon bouché à l'émeri.

On commence d'abord par dégrossir les deux surfaces à roder soit à la main, en introduisant le bouchon dans le goulot, et en imprimant au bouchon un mouvement de rotation, soit plus commodément à l'aide d'un tronc de cône métallique actionné par un tour.

Le cône employé doit être constitué de préférence, par une simple tôle recourbée sur elle-même, les deux bords ne se touchant pas ainsi que le montre la figure 115, ceci afin de permettre l'évacuation des matières étrangères au verre.

A

Fig. 115. Fig. 116.

Suivant que le tronc de cône sera porté par le tour, par sa petite ou sa grande base, il permettra de dégrossir, ou le col d'un flacon ou son bouchon. On augmentera le frottement utile, donc l'usure du verre, au moyen de grès pulvérisé qu'on agglomérera avec de l'eau jusqu'à consistance pâteuse. Une fois le rodage amorcé on le terminera en tournant à la main, l'une dans l'autre, les deux parties à roder, toujours dans le même sens, et sans forcer (fig. 116) après toutefois les avoir bien recouvertes d'émeri humecté d'eau, en grains d'abord assez gros, et pour finir très fins. A mesure que le rodage s'opère, le bouchon s'enfonce davantage; c'est pourquoi on prend un bouchon de diamère extérieur un peu plus fort que le diamètre intérieur du goulot.

Veut-on avoir une large surface plane au bout d'un tube de verre (fig. 117), tout d'abord on rassemblera du verre à cette extrémité au moyen d'une boule qu'on ouvrira par un pétard, puis on aplanira avec un couteau à verre.

On aura recours alors à une plaque de verre déjà rodée, comme une plaque de cloche à vide.

Sur cette dernière, on disposera une bouillie d'émeri humide

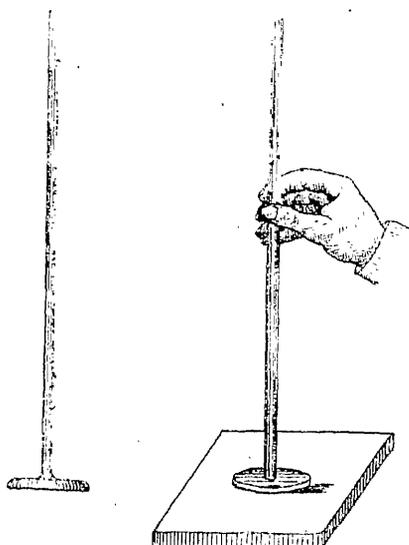



Fig. 117.

et en appuyant l'on y promènera la surface que l'on désire roder. Celle-ci ne tardera pas à présenter une partie unie qu'on rendra plus parfaitement plane en se servant pour finir de l'émeri plus fin.

Pour parfaire le rodage d'une cloche ou d'un dessiccateur, on opérera de la même façon.

Pour terminer le rodage d'un dessiccateur on frotte l'une sur l'autre, après les avoir recouvertes d'émeri très fin, les deux parties de l'appareil. On se rendra compte que l'appa-

reil est étanche au moyen de la trompe. Si les parties été bien rodées, le vide continuera à e: ter après suppression de la relation a' la trompe.

Pour roder un biseau (fig. 118), on o] rera de la même façon que plus haut. biseau aura tout d'abord été fait grossiè: ment au moyen d'une pince, puis bordé la flamme, c'est-à-dire la tranche de ve1 aura été homogénéisée par un comme cement de fusion. Le rodage d'un bise: ainsi préparé se fera alors très facileme et plus rapidement que par la seule usure directe du ver sur une meule par exemple.

Fig. 118.

Robinet (fig. 119).

Un robinet se compose d'une partie centrale A appelée cle: tournant à frottement doux dans une partie fixe B appelé boisseau, soudée elle-même à deux branches dans un robine à deux voies (fig. 119), à trois dans un robinet à trois voies, etc

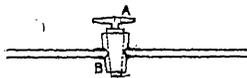



Fig. 119.

Construction du boisseau. — On prépare tout d'abord les deux branches A, B ; on les obtient avec des tubes de diamètres appropriés que l'on renforce à l'une de leurs deux extrémités, en rassemblant du verre par chauffage et appuis successifs avec le plat du couteau à verre. Ceci fait on maintient ces tubes dans une flamme éclairante jusqu'à leur emploi. On prépare alors deux tubes de 20 centimètres de longueur environ, un du même diamètre que le boisseau à construire C et un autre du même diamètre que les branches à souder D.

›s deux tubes auxiliaires C, D serviront de supports inter-iaires pendant le cours de l'opération. A côté du chalumeau nstalle un bec Bunsen brûlant en flamme blanche, dont ice sera de maintenir chaudes, les différentes parties du seau pendant sa construction.

n prend un tube de verre assez épais, d'une longueur variable, suivant la longueur du boisseau à construire, et d'un diamètre sensiblement égal à celui du boisseau à obtenir. On étire ce tube à ses deux extrémités E, F afin de pouvoir le tourner régulièrement dans la flamme du chalumeau, tout en soufflant jusqu'à ce qu'on ait rassemblé suffisamment de verre.

Ceci fait on étire en dehors de la flamme la partie chauffée de

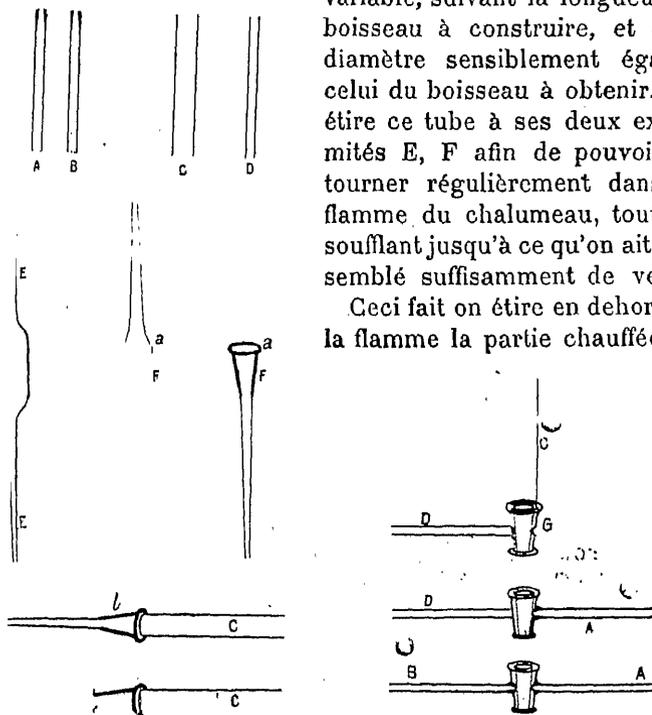



Fig. 120.

;on à lui donner une forme légèrement conique F (fig. 120), coupe ensuite l'extrémité en *a* à la flamme et l'on fait aus-,ôt un pétard. L'évasement ainsi pratiqué est régularisé aussi en que possible au moyen du couteau à verre et d'une pointe métal comme il a été indiqué au sujet du pétard. L'évase-

ment provoque un renforcement de l'extrémité, par la
tion d'un bourrelet a'.

Sur la grande base a du boisseau chauffée au ro
applique le tube auxiliaire C. Se servant alors de ce tul
liaire comme support et tout en maintenant la soudur
soire de ce dernier, d'une façon continue dans la flam
Bunsen, on ferme au chalumeau le boisseau en b. En s
par le tube auxiliaire C il se forme un pétard qu'on
comme il est dit plus haut, de manière à former un b
analogue à celui de l'autre extrémité a'.

Ce résultat obtenu, on applique, perpendiculaireme
longueur du boisseau et au milieu de celui-ci que l'on
au rouge, le second tube auxiliaire D servant de supp
débarrasse le boisseau de son premier support par u
sec donné avec le couteau à verre sur ce tube C.

Avec le dard fin du chalumeau on chauffe au rouge la
du boisseau opposée au tube support D, puis avec une
métallique graissée et tenue normalement au boisseau
pousse à cet endroit, légèrement, le verre dans l'intérieu

A ce moment on prend l'une des deux branches A,
la réchauffe fortement en même temps que la dépressior
l'on vient de faire dans le boisseau. Ces deux parties éta
chaudes, on les applique franchement l'une contre l'a
l'on souffle légèrement par la branche à souder A pour
riser la soudure.

Le tube C servant de support dans la confection du b

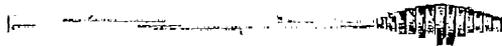



Fig. 121.

pourra être remplacé avantageusement par un tube d
(fig. 121) de 7 à 8 millimètres intérieur, de 15 centimèt
long sur lequel on a enroulé et collé du papier d'amia
forme de bouchon. Ce dernier support se posera et se r
plus facilement que le tube C qu'on est obligé de soude
rement.

Se servant dès lors de cette branche A comme support, l'on se débarrasse du tube auxiliaire D et l'on achève, comme plus haut, la soudure de la deuxième branche B.

On opérerait d'une façon analogue pour faire un robinet à 3 ou 4 voies.

Fig. 122.

Au moyen d'un tour à roder l'on usera l'intérieur du boisseau. Les deux pointes internes disparaîtrontet ainsi sera établie la communication de l'intérieur du boisseau avec ses deux branches.

Tout l'ensemble du boisseau terminé est porté au rouge sombre dans la flamme du chalumeau et aussitôt dans de la cendre jusqu'à refroidissement, c'est-à-dire pendant six ou huit heures. On peut aussi recuire cette pièce pendant quatre heures dans un moufle (fig. 122) chauffé au rouge sombre, ce procédé est pratique et réussit très bien.

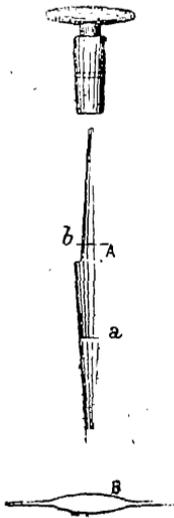



Fig. 123.

Clef verre plein (fig. 123).

On prend un tube de verre plein correspondant au diamètre du boisseau, auquel on donne une forme conique A, *a*. On soude l'ampoule B en *b*, on supprime ses pointes et on coupe en *a* ce qui donne la forme définitive de la clef. Il ne reste plus qu'à recuire la clef dans la cendre chaude ou dans un four à moufle avant de la soumettre au forage d'abord et au rodage ensuite.

Clef creuse (fig. 124).

Une clef creuse ne diffère d'une pleine que par l'emploi d'u tube de verre à la place d'une tige pleine, et par la substitu tion d'une double soudure interne d'un petit tube placé norma lement au premier, au forage du robinet de verre plein.

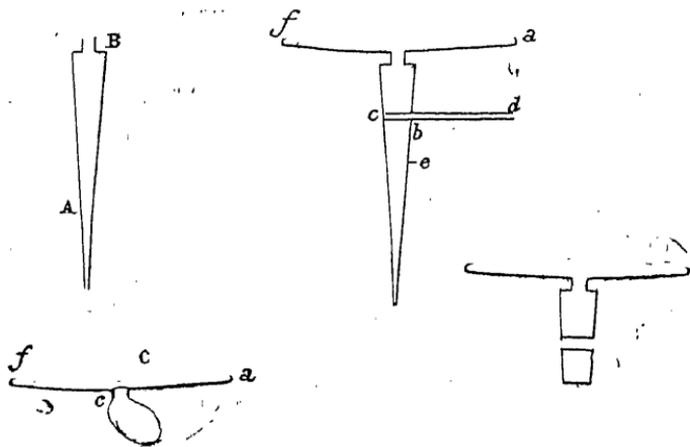



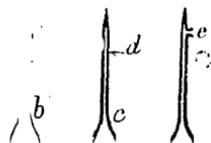
Fig. 124.

Construction de la clef. — Le tube étant chauffé dans une grande flamme, on l'étire de façon à le rendre légèrement co nique A. D'autre part on produit à l'extrémité la plus large un rétrécissement qui forme un épaulement B. On étire également une olive C qui constituera la partie *a* de la clef. Cette olive est fermée en *a*, puis par l'autre extrémité on souffle au milieu un pétard qui permet la soudure au corps principal de la clef. On pratique ensuite un trou en *b* légèrement plus grand que le tube transversal que l'on veut y souder. Ce dernier tube qui, pour le moment, a une longueur de 10 centimètres, par exemple, est introduit par le trou *b* jusqu'à toucher la paroi opposée *c* ; on chauffe celle-ci au rouge, l'extrémité du tube y adhère et en soufflant par *d*, il se produit un pétard en *c*, donc une

uverture. On régularise et consolide la soudure de ce petit ube par chauffage;

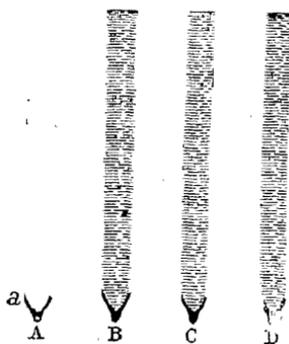
Au moyen du couteau à verre, on coupe le petit tube au as de b. La section b est alors chauffée progressivement à a flamme du chalumeau et par l'action combinée d'une pointe nétallique, qui sert à rapprocher les bords à souder, et du oufflage par l'ouverture de l'olive, on achève cette deuxième oudure du petit tube dans la clef. On coupe en e dans la lamme la partie effilée de la clef; on régularise cette extrémité en soufflant par le tube a.

Ceci fait, on ferme l'olive en a et en f, et on recuit la soudure lans la flamme éclairante, ensuite à l'étuve ou à la cendre voir Recuisson des soudures).

Après refroidissement on opère e rodage comme pour une clef ordinaire.

Tube scellé.

Le tube scellé est un appareil permettant d'obtenir certaines réactions sous pression, c'est un tube de verre dans lequel on introduit les substances qui doivent réagir à des températures variables suivant la nature des corps.

Fig. 125.

Construction. — Le tube doit avoir environ 40 à 50 centimètres le longueur et une épaisseur de 2 millimètres au minimum.

On commence par étirer une pointe (fig. 125), puis on laisse e verre se rassembler en tournant continuellement dans la lamme; dès qu'on a obtenu l'épaisseur suffisante on se débar-

rasse de la pointe de verre, et on recuit un instant dans la flamme éclairante. Le fond *a* doit avoir la même épaisseur que le tube.

Fermeture du tube. — Après avoir introduit les substances devant réagir, on étire une pointe *b*, puis tout en chauffant et tournant dans la flamme, on laisse le verre se rassembler en *c* quand on a obtenu l'épaisseur suffisante, on tire légèrement par la pointe, le verre étant chaud, ce qui donne une pointe assez épaisse, à l'intérieur de laquelle se trouve un canal capillaire *d*.

Quand la réaction est terminée ; pour ouvrir il suffit de chauffer l'extrémité de cette pointe au moyen d'une flamme fine, sous l'action de la chaleur et de la pression à l'intérieur du tube, il se forme une très petite ouverture *e* qui permet l'évacuation lente du gaz formé.

Faire des ampoules minces pour analyses.

Un tube de 8 à 9 millimètres est chauffé sur une longueur de 1 centimètre environ en *a*, puis on étire la portion chauffée de

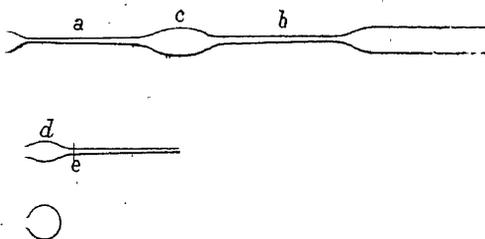



Fig. 126.

façon à lui donner une longueur de 10 à 12 centimètres. On recommence l'étirage en *b*. Cette opération donne une olive de forme allongée *c* (fig. 126). On partage ensuite dans la flamme cette boule ovoïde *c* en son milieu, ce qui donne deux olives plus petites de la forme *d*. On chauffe séparément chaque

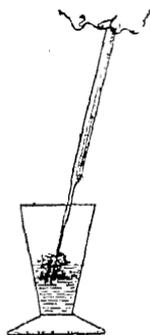
boule obtenue dont on enlève la partie *e* et on souffle doucement. On doit avoir une ampoule à parois très minces présentant par suite une rupture facile. La paroi doit pouvoir plier sous la pression de l'ongle. Il faut avoir soin de ne pas trop prolonger l'étirage des tubes *a* et *b* afin de ne pas avoir des tiges trop capillaires qui empêcheraient le soufflage.

Tube capillaire pour rentrée d'air.

Pour faire un tube capillaire pour rentrée d'air, on chauffe au chalumeau un tube de verre de 5 à 6 millimètres de diamètre, et d'une longueur variable, suivant la hauteur du récipient pour lequel il est destiné, tenu horizontalement dans la flamme du chalumeau et sans cesse tourné sur lui-même. Le verre se ramollit ainsi et se rassemble; quand le diamètre du tube est devenu très petit, on étire doucement celui-ci hors de la flamme tout en continuant à le tourner sur lui-même, avec les deux mains (voir Etirer une pointe de verre).

Fig. 127.

L'étirage doit être pratiqué en deux fois, un seul étirage ne donne pas un tube assez capillaire. Le second étirage se fait en flamme éclairante en utilisant le haut de la flamme. Après refroidissement on coupe la pointe capillaire à l'endroit voulu. On vérifie si le tube effilé obtenu est suffisamment capillaire en en plongeant la pointe dans un verre d'eau et en soufflant dans le tube (fig. 127).

Les bulles d'air qui se dégagent dans l'eau doivent être excessivement fines et leur nombre faible. Avec cette précaution, on évite de perdre en pure perte une partie du vide donné par la trompe.

Réparer la fêlure d'un tube.

Fêlure longitudinale (fig. 128). — Cette opération est souvent possible grâce aux quelques précautions suivantes :

On chauffera d'abord tout le tube très doucement à un endroit assez éloigné de la fêlure *a*.

Pour cela on promènera un moment la flamme éclairante, en *b* par exemple, puis graduellement avec la soufflerie au chalumeau on augmentera la température du verre tout en rappro-

Fig. 128 Fig. 129.

chant la flamme de la fêlure *a*. Dès que le verre sera suffisamment et uniformément chaud, et que par suite la fêlure ne s'étendra plus, on dirigera sur elle une grande flamme tout en ayant soin de tourner le tube de verre sur lui-même. Par autosoudure la cassure longitudinale disparaîtra.

Fêlure transversale (fig. 129). — Dans ce cas l'on chauffera le tube de verre tout d'abord en *a* puis en *b*, ensuite de proche en proche, enfin directement sur la fêlure. Ici encore on tournera le tube sur lui-même et l'on soufflera au besoin dedans, afin de maintenir régulier le diamètre. Tout ceci jusqu'à disparition de la fêlure.

Dans le cas de la rupture de la soudure interne ou externe d'un appareil compliqué, qu'il serait trop long de recommencer même en partie ; on peut utiliser le procédé suivant qui réussit généralement bien. On entoure le verre à l'endroit de la fêlure, d'un papier d'amiante, et on chauffe la partie de ce dernier qui recouvre la fêlure en élevant la température graduellement ; dès que l'ensemble de la fêlure est chaud, on enlève rapidement

le papier, on chauffe au rouge, on souffle et on régularise la soudure.

Argenture du verre.

Argenture d'une glace de verre. — On prépare d'abord une solution de nitrate d'argent ammoniacal.

Solution d'argent ammoniacal. — On dissout dans de l'eau distillée de l'azotate d'argent dans les proportions de 10 p. 100, ensuite on ajoute à la solution, de l'ammoniaque, immédiatement la liqueur devient brune, on continue à ajouter de l'ammoniaque jusqu'à ce que la solution devienne claire, à ce moment la solution est prête.

Le verre ou la glace est nettoyé soigneusement, d'abord à la potasse qui enlève les matières grasses, puis à l'acide azotique, ou avec un mélange d'acide chromique et d'acide sulfurique, rincé ensuite à l'eau puis à l'alcool. La glace est ensuite placée dans une cuvette supportée par des bouts de verre agitateurs par exemple, pour qu'elle ne touche pas le fond. On verse la solution d'argent en quantité suffisante pour couvrir la glace, on laisse tomber quelques gouttes d'aldéhyde formique environ 7 gouttes de formol à 40° pour 15 centimètres cubes de solution d'argent, et on agite légèrement, la liqueur brunit et l'argent se dépose à la surface du verre. Au bout de 20 minutes la réduction est terminée, on enlève la solution et on lave la glace à grande eau.

Si on veut une couche d'argent plus épaisse on soumet la glace à une seconde opération. Il s'est formé à la surface une couche laiteuse qu'on enlève avec du coton mouillé. Si on ne veut conserver qu'un côté argenté on détruit le côté opposé à l'aide d'un torchon imbibé d'acide azotique.

Pour préserver la couche d'argent, on la recouvre d'un vernis, obtenu en ajoutant du minium à du siccatif huile de lin desséchée et blanc de céruse.

S'il s'agit d'un ballon, on n'a qu'à rincer et mettre égoutter.

Gravure sur verre vernis.

Pour graver le verre il est nécessaire de recouvrir ce dernier avec un vernis sur lequel on trace les traits ou les lettres.

Il existe plusieurs formules de vernis; les deux suivantes donnent de bons résultats.

1° Bitume de Judée	1	partie.
Essence de térébenthine	2	—

Pour rendre ce vernis moins cassant on pourra ajouter de l'essence grasse ou de l'huile.

2° Cire jaune.	4	parties.
Essence de térébenthine	1	—

Le plus employé est le vernis au bitume de Judée auquel on ajoute un peu d'essence grasse, cette matière a la propriété de rendre le vernis plus souple et moins cassant.

On recouvre le verre à graver de vernis, on laisse sécher, puis avec une pointe métallique on trace les traits ou les lettres.

Partout où le vernis a été enlevé le verre est mis à nu et l'acide fluorhydrique pourra réagir. On étend à cet endroit, au moyen d'un pinceau de l'acide fluorhydrique, on laisse en contact cinq à six minutes si l'on veut avoir des traits légers et dix à quinze minutes si l'on veut obtenir des traits plus accentués.

Pour graver sur le verre on peut aussi se servir du couteau à verre ou du diamant.

Ces deux instruments donnent des traits qui ne sont pas nets et qui augmentent la fragilité du verre.

On se sert aussi dans les laboratoires d'une encre qui donne immédiatement les traits désirés.

Encre pour écrire sur le verre. — On sature l'acide fluorhydrique par de l'ammoniaque puis on ajoute la même quantité d'acide, et on épaissit avec du sulfate de baryte.

On peut aussi mettre directement l'acide fluorhydrique au

moyen d'un pinceau sur la partie à graver. Dans ces conditions l'attaque est plus rapide. Comme les vapeurs d'acide fluorhydrique sont très caustique, il faut opérer dehors ou dans un endroit très aéré.

Les brûlures par l'acide fluorhydrique sont très pénétrantes, on les soigne par des lavages à l'ammoniaque.

Ayant suffisamment laissé le verre en contact avec l'acide, on dissout le vernis dans l'alcool ou la benzine, puis on lave à l'eau.

Pour faciliter la lecture des traits, on recouvre tout l'appareil d'un vernis noir, par exemple noir de fumée dans l'huile de lin comme siccatif, ou bien de blanc d'argent, que l'on trouve chez les marchands de couleur. On laisse sécher ce vernis, et on essuie le verre ; il ne reste plus alors de vernis que dans les parties creusées.

TROISIÈME PARTIE

PRINCIPAUX APPAREILS EN VERRE SOUFFLÉ
LA MANIÈRE DE LES CONFECTIONNER

Dans la deuxième partie de ce petit ouvrage, nous avons indiqué tous les tours de main, et donné la manière pratique de faire les soudures du verre, en commençant par les plus simples pour arriver aux soudures les plus compliquées.

Dans cette troisième partie nous appliquons ces soudures à la confection des appareils suivant l'ordre d'utilisation dans les laboratoires comme l'indique l'énumération suivante :

Tubes de sûreté;
Laveurs à gaz;
Appareils pour la distillation;
Appareils pour la rectification;
Appareils à vide;
Absorbeurs, régulateurs, etc.

Nous y joignons quelques indications sur les appareils de mesure des températures et des densités.

« La Science et l'Industrie ayant fait de grands progrès et les difficultés dans les recherches devenant de plus en plus grandes, le praticien de laboratoire ne rencontrera peut-être pas toujours dans ce petit manuel, les appareils dont il aura besoin, mais il y trouvera les éléments nécessaires pour construire l'appareil qu'il aura conçu, ou apporter les modifications utiles à l'appareil existant, qui ne lui donne pas complète satisfaction pour ses travaux spéciaux. »

Tube de sûreté ou tube en S

Les tubes de sûreté sont des appareils destinés à fermer d'une façon hydraulique soit des flacons renfermant des liquides volatils, soit des appareils producteurs de gaz.

Leur emploi évite toute augmentation excessive de pression.

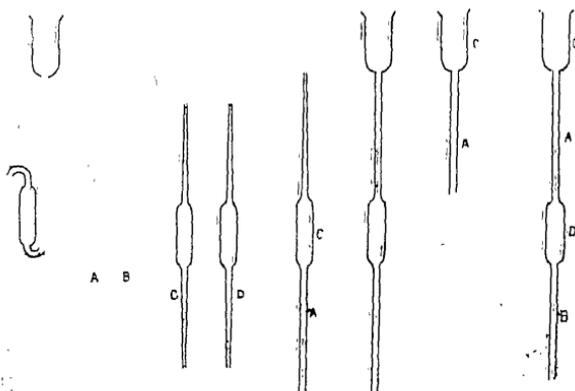



Fig. 130.

Les tubes de sûreté affectent généralement la forme d'un S avec parfois un renflement cylindrique sur la branche médiane (fig. 130).

Construction. — On coupe deux tubes de 7 à 8 millimètres de diamètre et de 33 centimètres de longueur environ A, B; puis on étire deux cylindres C, D, sur un tube de verre de 16 à 18 millimètres de diamètre (voir Etirer un tube).

On soude un premier cylindre C au tube A pour faire le tube entonnoir (voir Soudure de deux tubes de diamètres différents, Evasement d'un tube). Puis le deuxième cylindre D par ses deux extrémités à A et à B pour faire le réservoir; il ne reste plus qu'à plier les branches A, B pour obtenir le tube en S (voir Tube en S).

Tube de sûreté de H. Vigreux

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 3e série, t. XXIX, p. 841, 1903.)

Ce tube de sûreté est plus avantageux que les tubes en S, en
sens que le liquide n'est jamais aspiré, quelle que soit la
olence de l'absorption.

Construction. — On fait d'abord le tube à entonnoir A B avec
tube de 7 à 8 millimètres de diamètre sur lequel on fait une
tite boule B. On pratique ensuite la soudure interne d'un

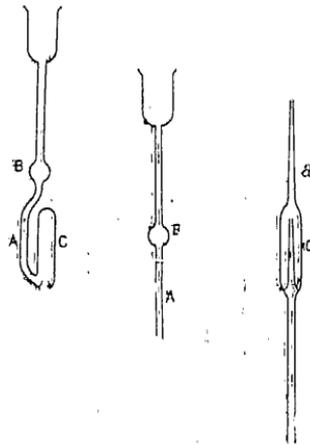



Fig. 131.

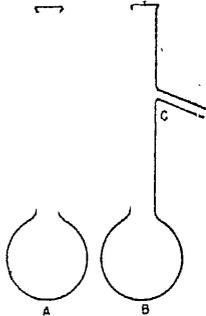
tit tube dans le réservoir C (voir Soudure *interne*) et aussitôt
rès la soudure latérale du tube à entonnoir AB. On se débar-
sse enfin de la pointe *a* du réservoir C et on ramène le tube
entonnoir AB dans le prolongement du tube réservoir C
g. 131).

Distillation

La distillation paraît remonter à une époque très éloigné on distillait déjà dès l'antiquité dans des appareils de fortun

La distillation normale a pour but de séparer les parties vol tiles d'une substance en utilisant la chaleur et en condensa ensuite ces vapeurs dans un récipie refroidi.

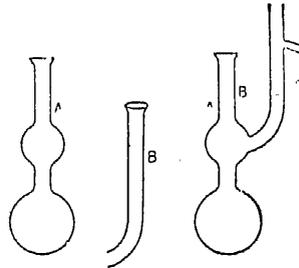
Fig. 132.

L'appareillage est simple : un vas contenant le ou les corps à distiller e raccordé à un réfrigérant où se conde sent les vapeurs.

Ballon à distiller.

On fait d'abord le ballon A par le pr cédé indiqué précédemment. On souc ensuite sur le côté du col, une tubulure placée assez haut pour la distillation d'un corps bouillant à ur température assez basse, placée au contraire assez bas pour l distillation d'un corps à point d'ébullition élevé (fig. 132). Cet tubulure sera raccordée au réfrigérant ou à un ballon récepteur par un bouchon de liège ou de caoutchouc.

Fig. 133.

Ballon à distiller avec colonne (fig. 133).

On fait d'abord le ballon A à col court avec une boule, on prépare un tube B de même diamètre, qu'on courbe légèrement à une de ses extrémités. O pratique la soudure du tube B et ensuite la soudure de l

tubulure C. Le tube A sert à l'introduction de la rentrée d'air, le tube B porte le thermomètre.

Réfrigérants.

Le réfrigérant est un appareil destiné à condenser les vapeurs. En principe il est constitué par un tube de verre entouré d'une gaine de verre dans laquelle circule un courant d'eau froide.

Il existe différents modèles de réfrigérants. Le plus simple se compose d'un simple tube droit en verre, placé dans une gaine de verre (fig. 134).

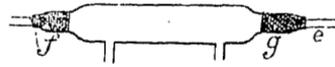



Fig. 134.

Construction. — Pour faire la gaine, on prend un tube d'un diamètre de 26 à 28 millimètres sur lequel on soude à ses deux extrémités *a*, *b* deux petits tubes de 12 à 14 millimètres de diamètre et de 7 à 8 centimètres de long (voir Soudure de deux tubes de différents diamètres). Sur le cylindre lui-même on soude deux tubulures latérales *c*, *d*, de 7 à 8 millimètres de diamètres et de 4 centimètres de long, servant à l'arrivée et au départ de l'eau (voir Soudure latérale). On place dans l'intérieur un tube *e* débordant le cylindre de 8 à 10 centimètres.

L'appareil est rendu étanche par des ligatures en caoutchouc.

Réfrigérant à boules.

Le tube intérieur au lieu d'être droit porte des boules.

Construction. — On souffle sur un tube de 8 à 10 millimètres de diamètre, une série de boules d'un diamètre inférieur à celui de l'enveloppe. Le tube à boules *b* est placé dans sa gaine *a* et l'appareil est rendu étanche par deux bouchons de

caoutchouc que traverse le tube (fig. 135). Ce réfrigérant peut être entièrement en verre ; des soudures remplacent dans ce

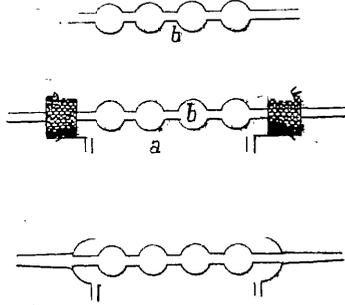



Fig. 135.

cas les bouchons de caoutchouc (voir Soudure interne d'un tube à ses deux extrémités).

Réfrigérant d'Etaix.

Dans le réfrigérant d'Etaix le tube central possède un diamètre voisin de celui de l'enveloppe (fig. 136).

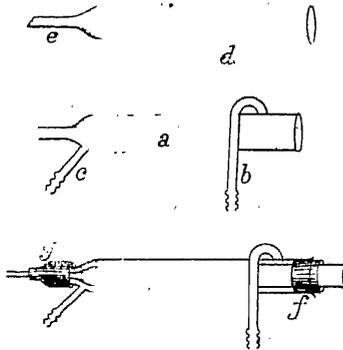



Fig. 136.

Construction. — Pour constituer la gaine on prend un tube d'un diamètre de 26 à 28 millimètres et d'une longueur conve-

able a, on soude à une de ses extrémités un tube de verre de
4 à 16 millimètres de diamètre et de 5 centimètres de long.
n soude ensuite les tubulures b, c, qui doivent avoir un dia-
iètre de 7 à 8 millimètres. On prend pour le tube central un
ibe de verre d de 18 à 20 millimètres de diamètre environ
iquel on soude un tube e de 10 à 12 millimètres de diamètre
illéen biseau pour faciliter l'écoulement du liquide condensé.
Les deux parties a et d composant le réfrigérant sont réunies
itre elles d'une part en f par un bouchon de caoutchouc et de
iutre en g par un tube de caoutchouc ligaturé.

Réfrigérant à serpentin.

Le réfrigérant à serpentin est formé par un tube de
à 8 millimètres de diamètre enroulé en serpentin puis placé
ıns sa gaine, et soudé à ses deux extrémités (fig. 137).

Fig. 137.

Construction. — Voir Construction d'un serpentin (fig. 97)
; soudure d'un serpentin à ses deux extrémités, p. 88).

Réfrigérant de Henri Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de Paris*,
3e série, t. XXXI, p. 1116, 1904).

Comme dans un réfrigérant ordinaire, la circulation a lieu
ıns l'espace annulaire et les vapeurs sont condensées dans
tube intérieur. Ce dernier (fig. 138) d'environ 22 millimètres
; diamètre, présente intérieurement un grand nombre de
ointes disposées en chicane et prises dans la masse même du
rre. Ces pointes sont creuses et l'eau qui circule dans le

réfrigérant y pénètre; on obtient ainsi une très grande et très puissante surface de réfrigération, car les pointes intérieures constituent un nombre considérable d'obstacles froids que doivent rencontrer les vapeurs.

Fig. 138. Fig. 139.

Pour la distillation ordinaire, même lorsqu'ils ne sont que très peu inclinés, les réfrigérants construits sur ce dispositif ne retiennent pas de liquide intérieurement, ce que ne réalisent pas les réfrigérants à boules ou à serpentin. Ils remplacent avantageusement les réfrigérants de plomb, pour condenser l'éther ordinaire, la ligroïne, etc., et sont très efficaces dans les entraînements à la vapeur d'eau.

Disposé à reflux, un réfrigérant de 30 centimètres de longueur suffit pour arrêter les vapeurs dégagées par 500 grammes d'éther en pleine ébullition. On arrive même avec des appareils du même genre (fig. 139), mais spécialement construits pour cet usage, à empêcher la déperdition d'ammoniaque, d'acide chlorhydrique, etc.; dans certaines opérations comme dans les hydrolyses par l'acide chlorhydrique étendu, après plusieurs heures d'ébullition, la teneur en acide est sensiblement la même qu'au début de l'opération. On évite ainsi la nécessité de renouveler à chaque instant le réactif qui s'échappe inévitablement avec les appareils ordinaires.

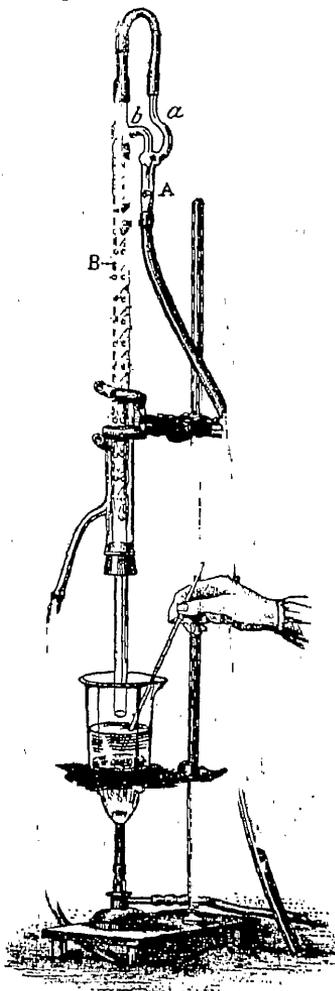
Construction. — Pour faire les pointes repoussées, on se sert d'une pointe métallique assez grosse un peu arrondie à l'extrémité. « Pour faire de grosses pointes, se servir de préférence d'une tige de cuivre » (voir pointes repoussées figure 105).

Fig. 140.

Nouveau réfrigérant à aspirateur de H. Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. III, p. 855, 1908).

Le réfrigérant (fig. 140) se compose d'un tube B en verre, muni de pointes et de plateaux, enfermé dans une enveloppe de verre où circule un courant d'eau. Cette enveloppe porte à sa partie supérieure un aspirateur A, dont l'une des branches *a* est reliée par un tube en caoutchouc à la partie supérieure du tube condensateur B. L'aspirateur se compose d'un tube renflé à sa base auquel viennent se souder deux tubulures, l'une *a* communiquant avec le tube condensateur, l'autre *b* soudée à l'enveloppe extérieure. L'eau qui circule dans cette enveloppe, en passant dans le renflement de l'aspirateur, provoque dans la tubulure *a* un appel suffisant pour que les vapeurs émanées du liquide placé sous le réfrigérant soient entraînées dans le tube condensateur.

Ce nouveau réfrigérant présente l'avantage de pouvoir être

placé sans bouchon sur n'importe quel récipient (capsule, cristallisoir, ballon, etc.).

Le récipient étant absolument indépendant du réfrigérant, on peut ainsi très facilement agiter, ajouter de la substance, retirer le récipient, sans avoir d'appareil à démonter.

L'appareil permet d'effectuer facilement des essais avec des liquides volatils comme l'éther, l'alcool, la ligroïne, le sulfure de carbone. etc. ; leurs vapeurs appelées dans le tube condensateur y subissent, grâce aux pointes, une condensation énergique et retombent dans le récipient.

Il est également très pratique dans les réactions où l'on est gêné par les vapeurs de brome, iode, phosphore, acide chlorhydrique, etc. ; il débarrasse de toutes ces vapeurs qui sont aspirées et finalement entraînées dans le courant d'eau.

Nouveau réfrigérant à aspirateur et récupérateur de H. Vigreux.

Cet appareil (fig. 141), destiné spécialement aux évaporations, est construit comme le précédent, mais porte en outre un récupérateur. Ce dernier se compose d'un tube d'arrêt B soudé intérieurement au tube condensateur, et auquel est également soudé un tube C conduisant à un tube de sûreté D, faisant office de fermeture hydraulique.

Le réfrigérant étant placé au-dessus d'une solution à évaporer, on ferme un instant, au début de l'opération, l'extrémité du tube de sûreté; les vapeurs aspirées dans le réfrigérant s'y condensent et retombent dans le tube de sûreté ou bien on peut de suite remplir le tube de sûreté avec du dissolvant de même nature que celui que l'on veut évaporer; dès que celui-ci est rempli, l'appel ne se fait plus que dans le tube condensateur; on place à l'extrémité du tube de sûreté un flacon récepteur, et l'appareil fonctionne normalement jusqu'à épuisement du liquide à évaporer. Cet appareil est pratique pour les évaporations rapides, car les vapeurs entraînées très activement ne peuvent retomber dans la solution à évaporer.

Avec ce dispositif, on peut faire rapidement des évaporations d'éther, sulfure de carbone, benzène, ligroïne, etc., en

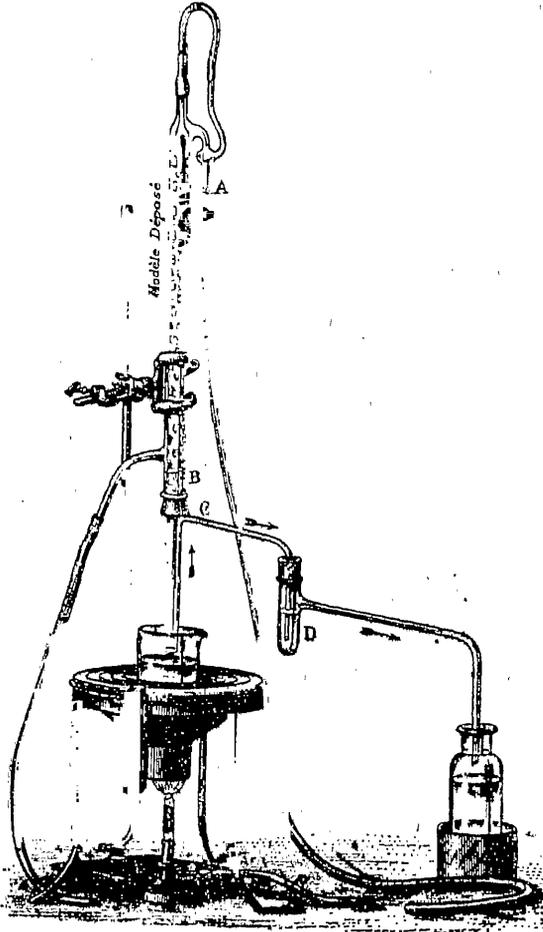



Fig. 141.

évitant les risques d'inflammations; de plus le liquide recueilli peut resservir à d'autres solutions.

Comme le montrent les figures ci-dessus, le réfrigérant doit être placé légèrement au-dessus de la surface du liquide bouillant, quand ce dernier est placé dans un cristallisoir. Quand le liquide se trouve dans un ballon, il suffit de placer l'extrémité du tube condensateur vers le milieu du col du ballon,

Les flèches indiquent le sens du mouvement des vapeurs et du liquide condensé.

Réfrigérant, condenseur amovible universel de H. Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. XXI, p. 46, 1917.)

Ce petit appareil, à la fois simple et pratique, présente cet intérêt particulier qu'il peut être exécuté entièrement et à bon compte par un débutant sachant souffler une boule et faire une soudure interne.

Les deux spécimens présentés à la Société ont été exécutés (par un de mes élèves mutilé) au Laboratoire du centre de ravitaillement en essence auquel je suis attaché depuis la guerre.

La construction des appareils Vigreux à pointes internes ou externes est très abordable pour des souffleurs de ce genre et en voici la preuve. Il peut donc y avoir là, pour les mutilés, une source de travail plus intéressant que la fabrication des tubes à essais et des ampoules.

L'appareil (fig. 142) se compose d'une enveloppe à pointes externes de 10 centimètres environ de longueur et de diamètre variable, fermée à sa partie inférieure et portant à sa partie supérieure un renflement en forme de chapeau lequel est traversé, suivant l'axe, par un tube central qui sert à amener l'eau jusqu'à la base de l'enveloppe. La tubulure de sortie pour l'eau est soudée latéralement à la partie supérieure du renflement.

Il n'y a pas, à proprement parler, dans ce petit appareil

une nouveauté, mais une adaptation à de nombreux usages des condensateurs à pointes externes. Les avantages de cet appareil sont nombreux ; d'abord il comporte le minimum de verre, pour le maximum d'efficacité, il y a donc économie de verre, ce qui n'est pas négligeable ; ensuite, comme le nom l'in-

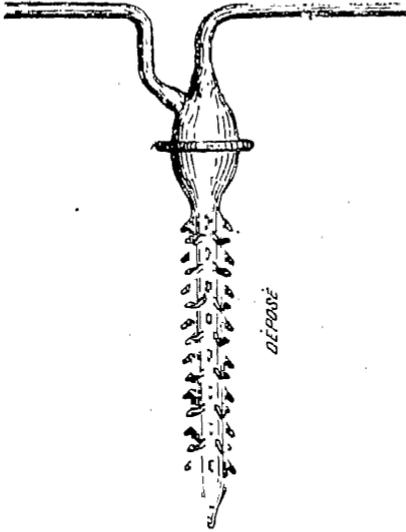



Fig. 142.

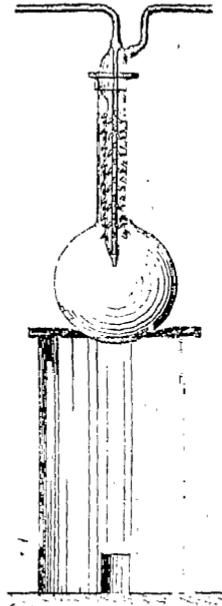



Fig. 143.

dique, le condenseur est simplement posé dans le col de l'appareil (fig. 143) qui peut être un simple ballon lequel se trouve fermé par le renflement supérieur en forme de chapeau ; il n'y a pas d'autre bouchon ce qui constitue l'amovibilité ; le condenseur se pose et s'enlève avec la plus grande facilité.

Plus de bouchons poreux ou de rodages fragiles, au moins en ce qui concerne le condenseur, les vapeurs d'éther ou de benzine, se condensent entièrement sur le premier tiers inférieur.

La forme en chapeau du renflement supérieur empêcl l'eau de condensation extérieure de pénétrer dans l'appare: Un extracteur de Soxhlet allongé seulement de 5 à 6 centimètr fonctionne normalement avec un appareil condenseur, et sc prix de revient est notablement diminué du fait de la suppre sion du réfrigérant à rodage.

En général, toutes les hydrolyses, alcoolyses et opér tions à reflux sont facilitées par l'emploi de ce conde seur.

Nous ne croyons pas utile d'indiquer la construction de c appareil tant elle nous paraît simple; l'appareil d'ailleurs a ét construit par un de nos élèves, mutilé de la guerre, aprè quelques mois seulement d'apprentissage.

Distillation fractionnée.

Les difficultés de cette opération sont toutes différentes, sui vant que les points d'ébullition sont plus ou moins rapprochés que ces corps appartiennent ou non aux mêmes fonctions chi miques.

Les appareils à fractionner sont basés les uns sur le barbo tage des vapeurs, dans le liquide condensé, sur des plateau superposés, comme dans l'appareil Lebel (fig. 145). D'autres su l'utilisation de la plus grande surface de condensation possibl du verre, sur une faible longueur, sans barbotage (fig. 144) D'autres encore sur le passage des vapeurs dans des serpen tins plus ou moins longs comme le Schloësing.

A notre avis, il est toujours préférable d'éviter autant qu possible, dans les appareils distillatoires, les pressions inutile et la surchauffe des liquides. Les colonnes devront donc avoi une hauteur convenable, mais sans exagération; on pourr aussi utiliser avec fruit l'analyse des vapeurs, dans des con denseurs à température constantes et graduées, ainsi que l fait industriellement Coupier, principe réalisé sur une échelle réduite par l'appareil de M. Hildt (fig. 146).

Distillation fractionnée à la pression normale.

La distillation fractionnée a pour but de séparer des corps à points d'ébullition différents.

L'appareillage comprend un récipient dans lequel est contenu les corps à séparer, surmonté d'un appareil à fractionner, lequel est relié à un réfrigérant où se condensent les vapeurs.

La distillation ne paraît pas remonter à une époque éloignée. Les premiers appareils pratiques furent imaginés par Wurtz Lebel et Henninger vers 1876.

Colonne à rectifier à la pression normale de Henri Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 3[e] série, t. XXXI, p. 1116, 1904.)

La colonne à rectifier (fig. 144) est construite sur le même principe, mais elle ne comprend que le tube à pointes ; celles-ci sont alors disposées en couronnes, formant alternativement des sortes de cônes renversés et de plateaux intérieurs ; ces derniers, sur lesquels s'arrêtent quelques gouttes de liquide, jouent le rôle des paniers en toile de platine des colonnes Lebel. Quant aux cônes renversés, ils ont pour but de ramener au centre des plateaux le liquide condensé, et d'empêcher ce dernier de redescendre tout simplement le long de ces parois comme il le ferait dans un tube ordinaire.

Construction. — Pour faire les pointes des couronnes, se servir d'une pointe métallique très fine, et pour faire les pointes des plateaux, se servir d'une pointe métallique dont on a aplati l'extrémité.

Construction du tube Lebel.

On prépare d'abord le tube à boules (fig. 145) qui peut comporter de 3 à 5 boules. On soude en A un petit tube de verre B d'un diamètre de 2 à 3 millimètres, puis on le plie en le rapprochant le plus près possible de la boule *c*. Au bas de cette

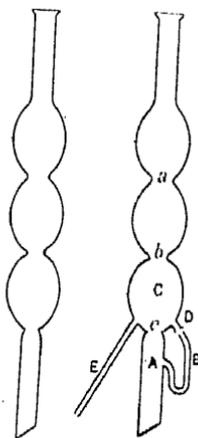



Fig. 144. Fig. 145.

boule on fait un petit pétard D d'où un petit trou vis-à-vis duquel on amène l'extrémité du siphon B (fig. 2). On rapporte alors du verre de façon à réunir les deux parties à souder puis en soufflant dans l'intérieur du tube on régularise cette soudure (voir Soudure latérale d'un tube à ses deux extrémités).

Immédiatement avant le refroidissement du verre de cette boule, on soude le siphon opposé E ; de cette façon la tension

du verre est répartie uniformément et l'appareil ne cassera pas.

On continue ainsi la soudure des siphons sans interruption.

Les soudures terminées il n'y aura plus qu'à disposer des paniers de platine pour que l'appareil soit complet.

On doit s'arranger pour que les étranglements *a*, *b*, *c*, soient d'un diamètre de moins en moins grand à mesure que l'on descend dans la colonne, ainsi l'étranglement *c* sera moins grand que celui de l'étranglement *b*, lequel sera moins grand que celui de *c* et ainsi de suite. Cette disposition est nécessaire pour l'introduction des paniers de platine.

Appareil de fractionnement pour les pétroles et autres produits volatils, par M. E. Hildt (fig. 146).

« Extrait des Comptes Rendus de l'Académie, t. CLXV, pages 791-792. »

Le principe est basé sur la séparation des liquides vaporisables suivant leur température d'ébullition, les éléments ont la forme des appareils à pointes de H. Vigreux. Le support est à six brûleurs servant à chauffer six matras en série, donc six éléments semblables donnant sept fractions, qui dans le cas des essences légères, par exemple, correspondant à des écarts de température de 20° en 20°, soit :

$> 150°$, 130-150, 110-130, 90-110, 70-90, 50-70, $< 50°$

Les six éléments ne différant que par quelques détails secondaires, il suffira de décrire complètement l'un d'eux. Il se compose essentiellement d'un tube Vigreux à pointes internes, à cinq plateaux et cinq couronnes, soudé dans le col d'un matras, où l'on a introduit d'avance une fraction de pétrole bouillant entre deux températures bien déterminées. Ce matras est chauffé directement, les vapeurs se condensent dans un tube à reflux, soudé latéralement à la partie supérieure du matras, et refroidi par un manchon à circulation d'eau. Le tube central de Vigreux, se trouve ainsi chauffé dans ses différents plateaux, à des températures régulièrement décroissantes, la température la plus basse du plateau supérieur étant bien connue, et pouvant être vérifiée de temps en temps au thermomètre.

Les produits condensés dans chaque tube analyseur, sont éva-

cués grâce à un petit siphon qui, partant du fond de chaq analyseur et traversant le matras aboutit dans un petit rant concentrique placé sur une éprouvette graduée.

L'essence à examiner est placée dans un petit réservoir tube de vidange, en cuivre très fin, muni d binet à pointeau, vient s'engager par un j caoutchouc dans un tube de verre fixé dan du petit analyseur. Chaque goutte d'essen arrive dans ce premier analyseur, est donc i tanément soumise au fractionnement. Elle y donne les produits condensables au-dessus d les vapeurs des fractions plus légères cont leur trajet viennent s'analyser à leur tour d deuxième élément et ainsi de suite.

Pour compléter le travail de chaque anal

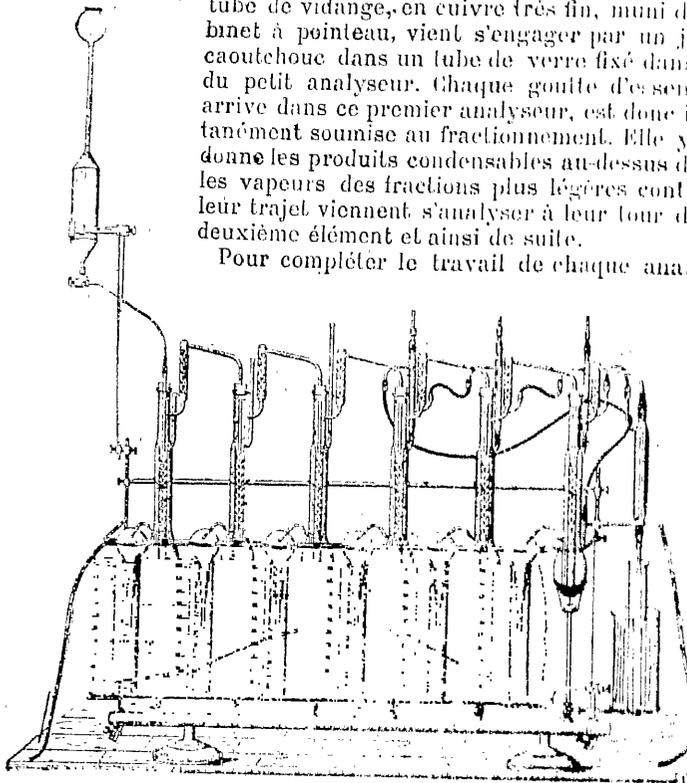



Fig. 146.

et éviter les entraînements mécaniques, chaque tube abduc est muni d'un déflegmateur Vigreux.

(Cet appareil a permis de faire parallèlement avec la mét. officielle, donnée par l'Aéronautique militaire, des cou moyennes pour 1914-1915-1916 des essences destinées à l'a tion.)

Construction de l'appareil à fractionner de M. Hildt (fig. 147).

Nous ne répéterons pas la façon de faire la soudure interne. On souffle sur un tube A une boule qu'on étire en forme de cylindre B dans lequel on place le tube à pointes muni de son

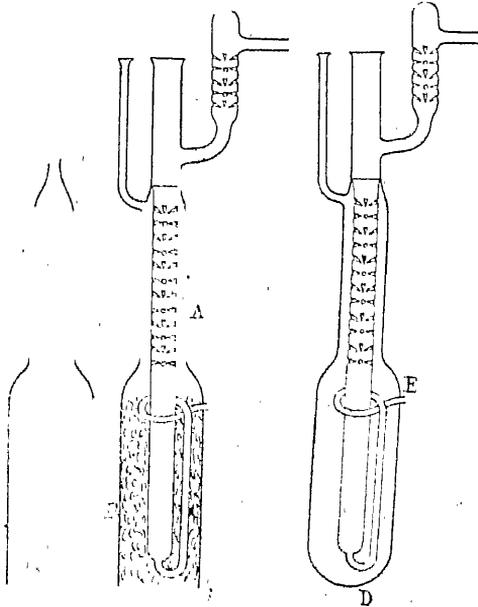



Fig. 147.

siphon C. On remarque qu'on a fait contourner le tube à pointes par la branche ascendante du siphon, afin de donner plus d'élasticité au verre.

Pour cette soudure interne particulière il n'est guère possible de maintenir le tube interne, par un autre tube ; on cale donc ce dernier avec des morceaux de papier, qu'on retire une fois la soudure interne terminée. On ferme en D, et ce n'est

qu'après, qu'on fait la soudure interne latérale de la sortie d siphon E.

Construction du réfrigérant concentrique (fig. 148).

On souffle sur un tube de verre une boule qu'on étire e forme de cylindre *a* dans lequel on place le ballon *b* prépar d'avance ; pour ce cas également, on cale les pièces avec d

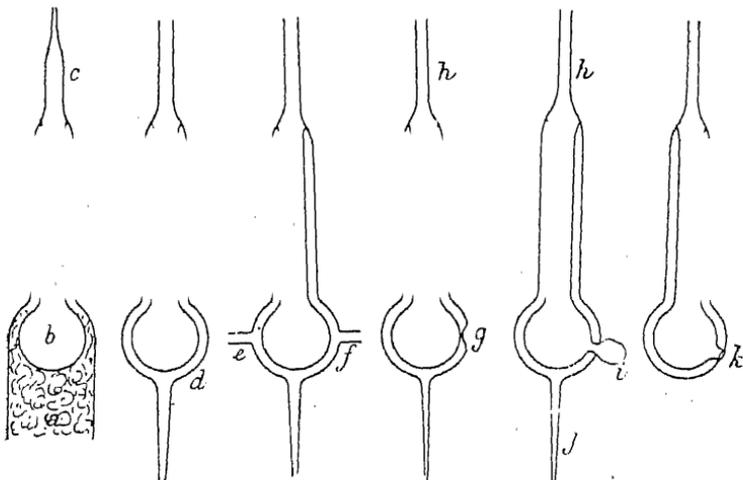



Fig. 148.

papier, on fait la soudure interne en soufflant par *a* et *c*; cette soudure terminée, on retire le papier et on étire le cylindre en lui donnant la forme concentrique *d*. On fait d'abord les soudures *e*,*f* et ce n'est qu'après qu'on peut faire communiquer le ballon interne avec l'extérieur. Pour cela on chauffe en *g* la paroi du ballon extérieur, celle-ci s'affaisse et vient coller au ballon interne, à ce moment, on chauffe fortement et on souffle aussitôt par *h* ; il se produit un appendice qu'on fait disparaître au couteau à verre. On régularise cette soudure en soufflant par *j* et la par *h*, soudure étant terminée et l'ensemble de la sou-

dure étant chaud, on se débarrasse de la pointe *j*, ce qui donne la forme définitive.

L'ordre dans lequel sont faites les soudures ne peut être interverti sans risque de rupture.

(Les renseignements que nous donnons ci-dessus ne s'appliquent pas spécialement à ces appareils mais ils seront utiles pour la construction d'appareils analogues.)

Distillation dans le vide ou mieux sous pression réduite.

La distillation dans le vide s'emploie couramment maintenant, cependant ce n'est guère que vers 1895, 1896, époque à

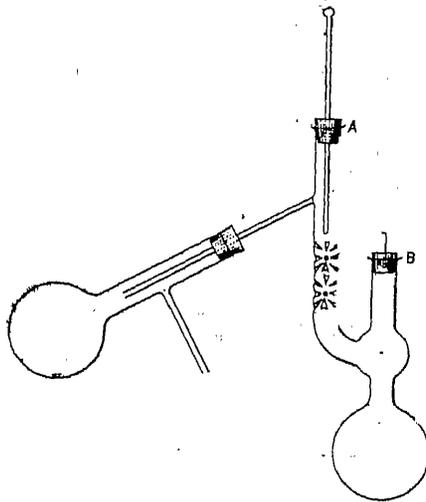



Fig. 149.

laquelle les laboratoires prirent une très grande extension en France, qu'elle fut appliquée sérieusement. M. Bouveault professeur adjoint au laboratoire de M. le professeur Haller, répandit beaucoup ce genre de fractionnement.

C'est en effet un mode pratique de distillation, il s'er pour les corps qui par leurs points d'ébullition élevés : reraient en les distillant à la pression normale; il abais 100 degrés environ le point d'ébullition.

L'appareillage comprend un récipient contenant les cc séparer, surmonté d'un appareil à fractionner relativ court, relié à un autre récipient refroidi (fig. 149).

Le vide est fait généralement au moyen d'une trompe.

Distillation sous pression réduite.

On distille dans le vide des corps, qui distillés à la pre normale, s'altéreraient partiellement ou pourraient mên décomposer complèten

On utilise un ballon à col de Würtz (fig. 150) tant un bouchon perc deux trous parallèles, l'un sert à l'introductio thermomètre et l'autr celle de la rentrée d'air ballon est relié par sa bulure à un autre ballor même forme.

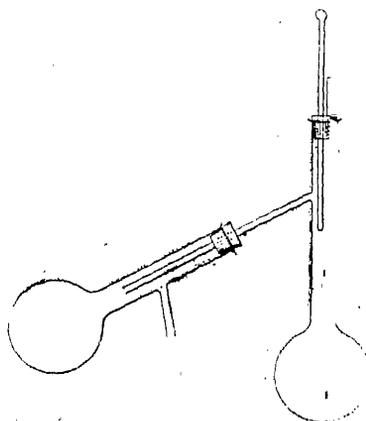



Fig. 150.

On fait plus généralem usage d'un ballon à colo à pointes (fig. 146). On pl le thermomètre en A e tube capillaire pour la r trée d'air en B, la colonne est en relation avec un ballor tubulure latérale, quelquefois par l'intermédiaire d'un réfri rant. C'est par la tubulure latérale que l'on fait le vide.

Construction. — Voir Ballon à distiller (p. 124), Colonne pointes (p. 136).

Colonne à distiller dans le vide de H. Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 3e série, t. XXXI, p. 1116, 1904.)

Les colonnes à distiller dans le vide (fig. 151) présentent des pointes et des plateaux moins rapprochés de façon à éviter l'engorgement; de plus, elles sont munies d'une tubulure latérale destinée à l'introduction du tube capillaire pour la rentrée d'air.

Tous ces rectificateurs peuvent, contrairement à la plupart des appareils existants, être rendus aussi peu volumineux qu'on le désire; aussi sont-ils susceptibles de rendre de grands services lorsqu'il s'agit de fractionner de très faibles quantités de substances.

Les tubes à pointes et plateaux permettent de réduire beaucoup la hauteur de l'appareil tout en augmentant considérablement la surface refroidissante et le contact des vapeurs avec les liquides de condensation.

On réalise ainsi un très bon fractionnement avec le minimum de surchauffe.

Fig. 151.

Une même colonne permet de distiller sur une échelle de température assez étendue, ce qui est la condition que doit remplir tout appareil pratique.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les hauteurs que doivent avoir les colonnes à pointes suivant les températures d'ébullition.

Pour la distillation à la pression normale .	de 150° à 200°	colonne de	20 à 30	centimètres.
	— 120° à 150°	—	40	—
	— 90° à 120°	—	60	—
	— 30° à 90°	—	80	—

Pour la distillation sous pression réduite. .	de 200° à 300°	colonne de	20 centir
	— 150° à 200°	—	25 —
	— 120° à 150°	—	30 —
	— 100° à 120°	—	40 —
	— 60° à 100°	—	50 —

Appareil destiné à recevoir les fractions de distillation dans le vide.

Dans le cours d'une distillation fractionnée sous pr réduite, il y a avantage à pouvoir isoler les différentes fra du liquide condensé sans avoir à rompre chaque fois la distillation.

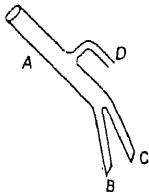



Fig. 152.

Appareil à deux branches. — L'ap le plus simple (fig. 152) consiste en u à essais A sur lequel sont soudées branches B, C taillées en biseau pou liter l'écoulement du liquide, et une lure latérale D que l'on met en re avec la trompe. Les branches B, C p par l'intermédiaire des bouchons de caoutchouc les b où se condensent les liquides.

Pour la construction voir Soudures latérales.

Appareil à quatre branches. — L'appareil (fig. 1 quatre branches supportant quatre récipients est très prat Il se compose de deux parties A et B réunies par un bouch caoutchouc. La construction de cet appareil est naturelle plus délicate que celle du précédent. Tout d'abord on pr les quatre branches C, D, E, F, que l'on taille à leurs extré en biseau; une cinquième branche G destinée à recevo caoutchouc à vide de la trompe, sur laquelle on fait quel petites olives (voir Olives). Ces branches sont placées à p de la soufflerie pour qu'on puisse les prendre facilement dant la construction de l'appareil. Ces pièces étant prépa on soude d'abord la tubulure G sur le tube B; on souf boule que l'on repousse sur elle. On soude ensuite sur

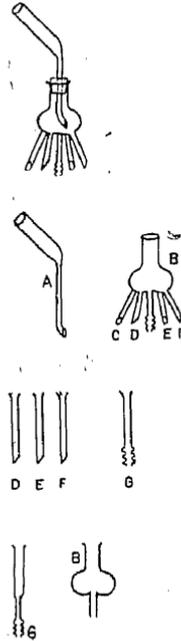
boule les tubes C, D, E, F, les uns après les autres sans interrompre, et surtout, sans éloigner l'appareil de la grande flamme du chalumeau. Ces nombreuses soudures (voir Soudures latérales) donnent en effet une telle tension au verre que pour éviter une rupture il faut maintenir l'appareil entièrement chauffé pendant tout le temps de la construction.

Fig. 153.

Pour terminer on recuit pendant quelques minutes, l'appareil tout entier dans une grande flamme éclairante (Flamme fumeuse, page 27)[1].

La partie supérieure de l'appareil se compose d'un tube d'un diamètre de 16 à 18 millimètres auquel est soudé un petit tube de 7 à 8 millimètres (voir Soudure en bout). Ce tube à entonnoir es courbé à son extrémité inférieure, dans un plan perpendiculaire au plan du tube extérieur, puis taillé en biseau, afin que le liquide condensé puisse couler directement et uniquement dans l'orifice du tube qui conduit au récipient approprié.

Le trou du bouchon de caoutchouc dans lequel passe le tube à entonnoir est recouvert de talc afin de permettre la rotation facile de l'appareil à 4 branches autour du tube à entonnoir servant de pivot.

Quand on veut substituer un récipient à un autre, on tourne la partie *b* jusqu'à ce que l'extrémité *c* du tube *a* soit en face de l'orifice du tube conduisant au flacon désiré et ainsi de suite.

1. Cet appareil constitue une simplification de l'appareil de Berthelot ; dans ce dernier le bouchon de caoutchouc est remplacé par un rodage, ce qui présente l'inconvénient d'occasionner des coincements.

Appareil pour recevoir les fractions de distillation dans le vide de H. Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique*, 4e série, t. III, p. 479 ; 1908).

Cet appareil présente sur les modèles existants l'avai de renfermer lui-même son réfrigérant, sans augmenter combrement. Il permet de fractionner dans le vide interrompre le tirage des troi ou tout au moins très rapidei les plus petites comme les grandes quantités de matière.

Il se compose d'un cylindre r à sa partie inférieure et muni robinet A communiquant avec ampoule à trois robinets B, C, I robinet C sert de rentrée d'air l'ampoule à décantation ; au binet D sont soudées les t lures E, F.

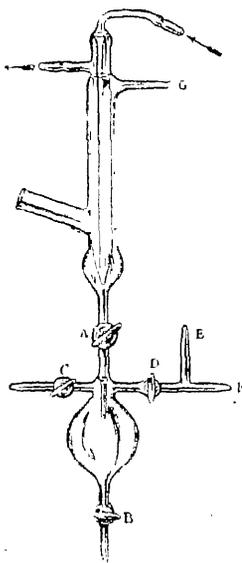



Fig. 154.

Le cylindre supérieur est ı d'un réfrigérant ascendant intéı que sa disposition rend suffisamı efficace malgré son peu de longı (fig. 154).

L'appareil est disposé pour ı cher avec une ou deux trom Lorsqu'on ne se sert que d trompe, on relie les tubulures E par un caoutchouc, la trompe étant branchée sur la tubulur

Supposons que l'on veuille faire écouler la fraction pas dans l'ampoule ; on ferme les robinets A et D de sorte que, s interrompre le vide, la distillation continue dans le cylin on recueille alors le produit contenu dans l'ampoule, y fait à nouveau le vide en ouvrant le robinet D, la dépress

se rétablit rapidement dans tout l'appareil et la distillation, après un court arrêt, recommence.

Il va sans dire, comme c'est d'ailleurs le cas de tous les modèles existants quel que soit le dispositif employé, que lorsqu'on ne dispose que d'une seule trompe, il est impossible d'isoler le cylindre de l'ampoule, car à l'instant même où l'appareil est séparé de la trompe, la distillation s'arrête et la surchauffe se produit.

Pour distiller, sans aucune interruption, des quantités importantes de liquide, il est absolument nécessaire d'avoir deux trompes qu'on relie à F et à G; la trompe reliée à G, maintiendra continuellement le vide dans l'appareil, tandis que gardant le robinet A fermé, on pourra par D faire le vide dans l'ampoule d'où l'on vient de retirer le produit de la fraction précédente; lorsque la pression dans l'ampoule est redevenue la même que celle du cylindre, on réunit le tout en ouvrant le robinet A.

Lorsqu'il ne s'agit de distiller que de petites quantités de substances, on peut avec l'appareil ci-dessus, éviter la complication qu'entraîne l'usage de deux trompes, et obtenir cependant avec une seule trompe trois fractions sans s'arrêter. Il suffit de relier B avec un petit ballon; la première portion sera reçue dans le ballon, la seconde dans l'ampoule en fermant le robinet B et la troisième dans le cylindre supérieur en fermant les robinets A et D.

Les flèches indiquent l'entrée et la sortie de l'eau.

Appareil pour distillation sous pression réduite.

Pour effectuer une distillation sous pression réduite, on se sert pour obtenir et entretenir le vide dans l'appareil distillatoire, d'une trompe à eau ou à mercure ou bien d'une pompe à vide.

L'appareil le plus employé est la trompe à eau. Le principe de son fonctionnement est l'aspiration du gaz contenu dans une enceinte au moyen d'un courant d'eau, auquel on commu-

nique une grande vitesse d'écoulement, grâce au passage l'eau dans un col effilé. La limite de vide obtenue par appareil est la tension de la vapeur d'eau correspondant température de l'eau de la canal tion.

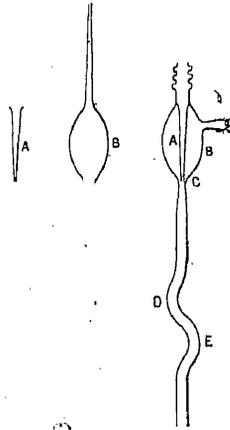



Fig. 155.

Il existe différents modèles trompe à eau. Les plus connues sc

La trompe à un seul cône trompe américaine.

La trompe à deux cônes dite tro d'Alvergniat.

Construction de la trompe am caine. — Pour construire une tro à un seul cône on prépare d'abor cône A qu'on évase à sa grande l par un pétard (fig. 155). On so ensuite la chambre B sur un tub verre de 8 à 9 millimètres de diam intérieur. On pratique ensuite la s dure du cône A dans l'olive B (Soudure interne dans une olive).

L'olive est rétrécie en C à sa partie inférieure. On s'arranger pour que l'extrémité du tube interne A soit le p rapproché possible du rétrécissement C.

L'air sera d'autant plus facilement entraîné que les paro seront rapprochées de l'extrémité du tube A, et que ce der sera bien centré.

Le tube de verre est légèrement plié en D et en E p faciliter l'amorçage de la trompe.

Trompe à deux cônes.

Pour construire une trompe à deux cônes (fig. 156) on co mence par préparer les deux cônes *a*, *b*.

Le cône supérieur doit avoir un diamètre (voir Etirage deux pointes) plus petit que le diamètre du cône inférieur.

Ce dernier a son extrémité légèrement évasée.

On prend ensuite un cylindre de verre A d'un diamètre de 16 à 20 millimètres de diamètre que l'on étire à ses deux extrémités.

On pratique ensuite la soudure du cône supérieur *a* et la soudure latérale *c* (voir Soudure interne).

On attend que le refroidissement de ces premières soudures

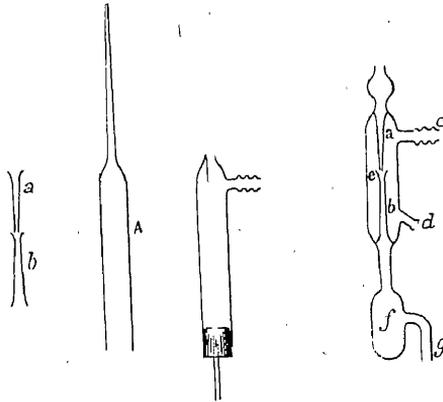



Fig. 156.

soit complet avant de faire la soudure du cône inférieur *b*. Il faut donner au verre le temps de se refroidir afin d'éviter une tension pouvant provoquer la rupture des soudures.

Le cône inférieur devra avoir même axe que le cône supérieur et son extrémité devra être très rapprochée de la petite base du cône supérieur.

On pourra aussitôt faire la soudure d'un tube *d* qui servira à vider et nettoyer l'intérieur de la trompe mais qui a surtout pour but de régulariser les tensions du verre et d'éviter la rupture.

On soude un cylindre *f* sur lequel on rapporte une tubulure *g*, cette dernière partie de l'appareil a pour but de faciliter l'amorçage de la trompe.

Trompe de H. Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. XIII, p. 868, 1913).

La trompe représentée par la figure 157, est de construc simple.

On a pris un tube de verre de 7 à 8 millimètres de diam et de 15 centimètres de longu qu'on a étiré en deux pc pour qu'il présente deux ét glements.

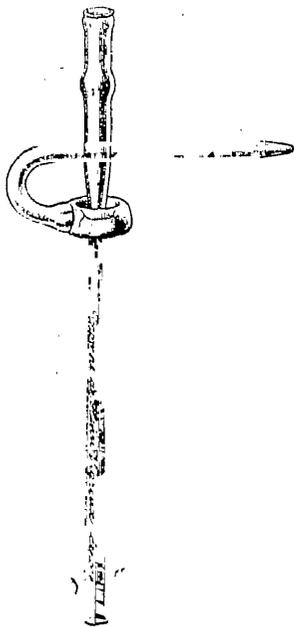



Fig. 157.

L'étranglement inférieur avoir un diamètre un peu large que celui de l'étranglen supérieur.

Ces deux étranglements aussi rapprochés que possi par une boule soufflée d'ab puis écrasée en un disque lequel on a soudé une tubu latérale. Cette dernière sera r en communication avec les pareils dans lesquels on produire le vide.

La simplicité de cet appa en rend la construction fa pour n'importe quel chim connaissant un peu le travai verre.

Si les étranglements sont faitement disposés, le vide obtenu sera aussi bon qu'avec systèmes plus compliqués. Dans le cas contraire, cette tro sera toujours suffisante pour les filtrations rapides.

Construction de la trompe de Vigreux.

On prend un tube de verre A de 8 millimètres de diamètre intérieur et d'une longueur de 20 centimètres qu'on étire à ses deux extrémités pour réaliser une rotation du tube et du soufflage faciles (fig. 158).

On étire ce tube en B pour lui donner une forme conique

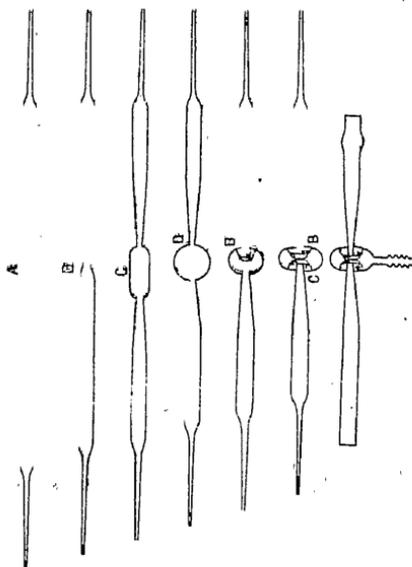



Fig. 158.

d'un diamètre de 1 millimètre et demi environ au sommet, car en repoussant la boule sur elle-même, le diamètre sera diminué et ramené à 1 millimètre. On laisse un espace suffisant pour faire une petite boule qui constituera la chambre. On étire ce tube en C de façon à réaliser un étranglement un peu plus large que l'étranglement B.

On souffle la boule dans l'intervalle B, C. On chauffe ensuite

la boule assez près du cône B et on la repousse ce qui a but de faire rentrer le cône B. On chauffe l'autre extrémi la boule qu'on repousse, le cône C vient ainsi se placer très du cône B, on fait immédiatement et avant refroidissem soudure latérale E. Il n'y a plus alors qu'à couper les point verre et à border les tubulures d'arrivée et de sortie de l

Distillation dans le vide. Manomètre.

Pour connaître la pression dans un appareil penda distillation on se sert d'un manomètre.

On peut prendre le manomètre à air libre qui consiste sir ment en une tige de verre de 12 millimètres de diamètre, 80 centimètres de longueur, e sa partie supérieure. Le manor (fig. 159) est relié par son tube d'un côté à la trompe et de l' à l'appareil distillatoire. La ha de mercure est mesurée à l

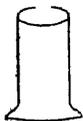
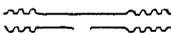



Fig. 159.

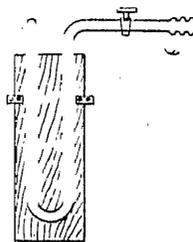



Fig. 160.

d'une graduation sur le verre ou par une graduation indé dante. La pression est obtenue en faisant la différence ent pression atmosphérique et la hauteur lue.

Un manomètre plus précis mais de construction plus dél est le manomètre différentiel (fig. 160), il est disposé sur

plaquette graduée en millimètres; la différence entre le niveau du mercure dans les deux branches indique la pression dans l'appareil distillatoire.

CONSTRUCTION DU MANOMÈTRE DIFFÉRENTIEL. — Il est nécessaire d'employer du mercure très propre (voir Purification du mercure).

On utilise un tube de verre de 6 à 7 millimètres de diamètre et d'une longueur de 35 à 40 centimètres qu'on lave aux alcalis pour le débarrasser des graisses, à l'acide azotique pour enlever les alcalis, enfin à l'eau distillée. On sèche le tube avec un courant d'air chaud.

On produit ensuite un étranglement en *a* et on ferme le tube à quelques centimètres de cet étranglement, en laissant une bonne épaisseur de verre.

L'étranglement *a* a pour but, dans le cas d'une fausse manœuvre, d'empêcher le mercure de venir frapper trop brusquement le sommet du tube et d'en provoquer la rupture. On remplit le tube en versant du mercure avec un entonnoir capillaire jusqu'à l'endroit où l'on courbera la tige (fig. 161). Puis on chauffe doucement cette colonne de mercure sur un bec de gaz disposé en veilleuse en commençant par l'extrémité fermée et en avançant vers la surface libre au fur et à mesure que les bulles se dégagent. On répétera cette opération plusieurs fois si on le juge nécessaire.

a a

Fig. 161.

Le tube doit être tenu dans une position oblique et tourné constamment pendant le chauffage pour faciliter le départ des bulles d'air (fig. 162).

Ce tube rempli de mercure, bien purgé d'air, est ensuite courbé au chalumeau le plus près possible de la surface du

mercure *b*. Après refroidissement, à l'aide d'un entonnoi effilé, on verse du mercure goutte à goutte tout en rel légèrement le manomètre de façon que chaque nouvelle g

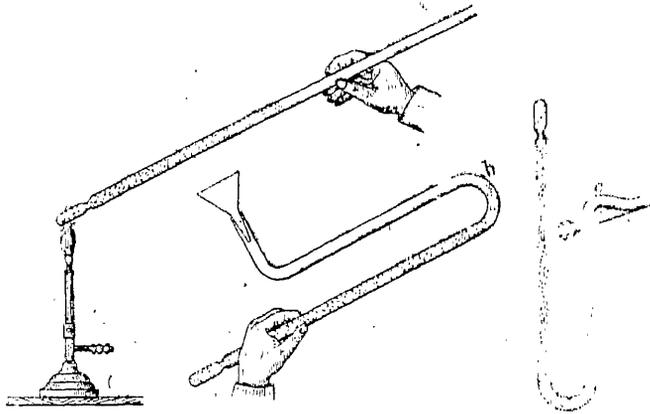



Fig. 162.

de mercure vienne se souder à la colonne sans empriso d'air. On soude ensuite à la tubulure C un tube en T qui mettra de mettre le manomètre en communication avec l'a reil distillatoire. On comparera les indications fournies pa manomètre ainsi construit avec celles données par un manomètre. Il suffit de les mettre simultanément en rela avec une trompe à vide.

Un autre moyen pratique pour la construction d'un ma

Fig. 163.

mètre est le suivant : on prend un tube de verre de longueur s sante dont on étrangle d'abord la partie *a* (fig. 163) en laissan verre se rassembler sur lui-même pour ne pas en diminuer la s

dité. L'étranglement *a* rend le pliage plus facile, il empêche aussi l'air de rentrer dans la branche *b*, le mercure, grâce à ce dispositif, remontant moins brusquement, dans le cas d'une fausse manœuvre par exemple.

Dans ce cas, on plie d'abord le tube en *a*, et on introduit tout le mercure nécessaire, qu'on fait passer en *b* en donnant de petits chocs en *a* pour faciliter l'introduction du mercure. On chauffe ensuite toute la colonne mercurielle en commençant par *c* au moyen d'une lampe à alcool, ou mieux au moyen du chalumeau en grande flamme éclairante, jusqu'à ce que tout l'air soit chassé. On pourrait, pour faciliter le départ de l'air emprisonné dans le mercure, aspirer avec une trompe en *d* pendant le chauffage, ce qui n'est pas indispensable.

La construction d'un manomètre avec un étranglement en *a*, permet, l'appareil étant purgé d'air, de pouvoir le retourner dans sa position normale, sans craindre de détacher la colonne en *c*, le mercure étant retenu en *a*.

Soupape de sûreté de H. Vigreux (fig. 164).

(Annales de chimie analytique).

La soupape décrite ci-dessous a l'avantage d'être démontable, ce qui permet de pouvoir sortir facilement toutes les pièces, pour le nettoyage, dans le cas d'obstruction par des matières étrangères.

L'appareil comprend trois pièces principales : un tube A soudé en E dont l'extrémité est aplatie (pour la construction voir fig. 147), une cupule B à fond plat rodé. Cette cupule est supportée et maintenue tout près du méplat A par un flotteur C servant en même temps de guide pour diriger exactement cette cupule sur le centre du méplat, dans le cas d'un retour d'eau.

Le bouchon D est muni d'une tubulure H destinée à relier l'appareil à la trompe à eau.

Pour faciliter la rentrée d'air dans l'appareil après chaque

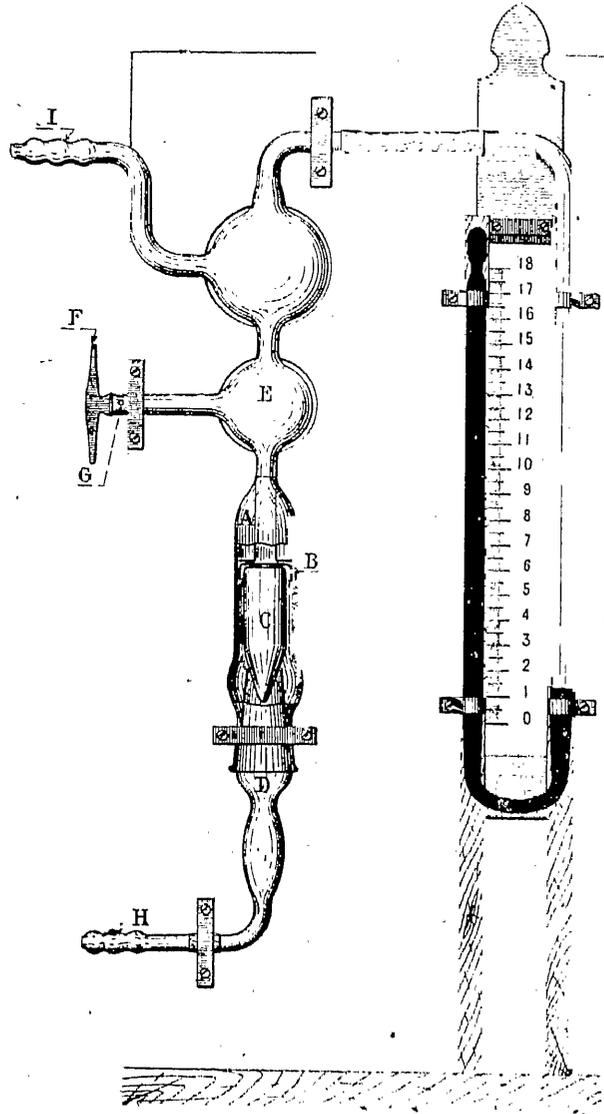



Fig. 164.

ération, on a soudé sur la boule E une tubulure fermée par
e clef F perforée qu'on peut faire communiquer avec un
u G pratiqué dans la tubulure.

Jne boule dite de sûreté, soudée à la partie supérieure de
boule E communique d'un côté au manomètre différentiel
ir pour la construction du manomètre figure 162), et par la
ulure I avec l'appareil dans lequel on fait le vide.

Pour éviter la rentrée de matières étrangères dans les
ties essentielles ABC on peut mettre du coton de verre
de la pierre ponce dans la boule D du bouchon et dans la
ule E. Il peut remonter de l'eau dans la boule D sans incon-
nient, cette eau est rappelée dans la trompe quand celle-ci
remet en marche.

Purification du mercure.

Le mercure employé à la construction des manomètres,
ermomètres, ou appareils analogues, doit être très pur,
empt de métaux, comme le plomb, le zinc, le cuivre, etc.,
s amalgames et les oxydes adhèrent aux parois du verre
y laissent des traces de leur passage. Une colonne mercu-
lle constituée avec du mercure impur se rompt facilement;
ns ces conditions, les instruments fournissent de fausses
ications.

Pour purifier le mercure, on le verse en couche mince dans
cristallisoir, et on le recouvre d'acide azotique pur étendu
deux à trois fois son volume d'eau. Après quelques jours de
ntact pendant lequel on effectue des brassages de temps à
re, on élimine les azotates formés en lavant dans un grand
urant d'eau. Le mercure est alors décanté au moyen d'un
onnoir à robinet et séché avec du papier à filtre, puis filtré
ns un entonnoir à tige capillaire, ou dans un filtre en papier
cé de nombreux trous d'épingle. Pour enlever les dernières
ces d'eau on le chauffe à la température de 120 à 130° dans
creuset ou dans une capsule en porcelaine.

On peut aussi obtenir du mercure très propre en le distillant

dans une cornue reliée à un ballon récepteur, ou
appareils spéciaux.

Il est bon de le placer dans un flacon bien sec et d
en présence de charbon de bois, qui enlève rapide
dernières traces d'humidité.

On trouve dans l'*Art de l'Ingénieur* de 1819, pages
un procédé pour la purification au mercure décrit de
suivante :

On prend une partie de mercure et quatre de soufre
On fait fondre le soufre dans un vase de fonte, il est n
d'avoir un couvercle de terre ou de fer, ce dernier est pr
il doit boucher exactement le vase de fonte. Ce couverc
utile, car souvent le mélange s'enflamme. Le soufre éta
on y introduit le mercure, peu à peu, et comme l'extrêm
division favorise le mélange, on le fait tomber dans le
le pressant au travers d'une peau de chamois. Vous rem
cesse avec une spatule de fer, le tout forme une poudre
mélange a été nommé par les anciens chimistes, œthiops
nom très insignifiant, et qui est remplacé avantageusen
celui de sulfure mercuriel. Les principes de nouveau
sont tous indiqués par le nom qu'il a reçu. Lorsque cett
est refroidie, car il a été convenable de remuer sans ce
d'éviter que le mélange se prit en masse, on la triture
mortier de fonte, puis on l'introduit dans une cornue
après l'avoir mélangé avec moitié de son poids de limail
et il est très avantageux de faire ce mélange exactement.
de la cornue doit rester vide, on la place sur un bain de s
l'on chauffe par degrés. Le bec de la cornue doit être
il entre dans un ballon plein d'eau, en sorte qu'il touche
la superficie du fluide, mais sans y plonger. On procèd
la distillation, le mercure se volatilise et passe en vape
le ballon, où elles se condensent et viennent se réunir s
où elles donnent un mercure bien purifié seul propre a
riences et aux instruments destinés aux recherches.

Appareil laveur à gaz.

Un laveur à gaz est un récipient approprié dans l
introduit une solution, qui enlèvera au gaz les impure
peut contenir.

La figure 165 représente un laveur qui pourra être monté sur un appareil producteur de gaz.

Construction. — On commence par étirer un cylindre A, qui formera le réservoir. On jette dans l'intérieur le tube interne B, qu'on a préparé à l'avance.

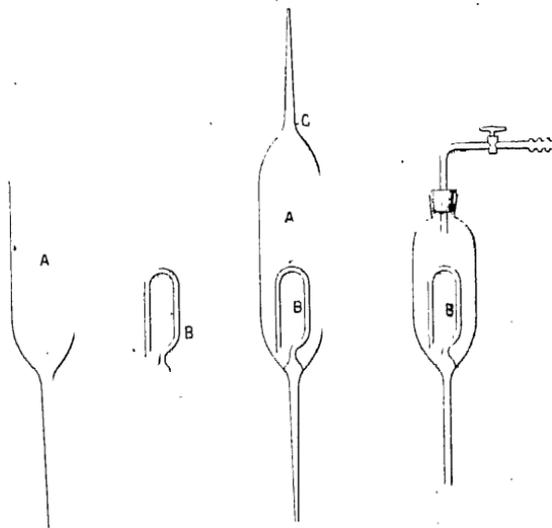



Fig. 165.

On étire l'autre extrémité du tube A, et on fait la soudure du tube B (voir Soudure interne).

Enfin, on se débarrasse de la pointe C pour faire le col qui servira de support au bouchon portant le robinet (voir Col sur un flacon).

Tube barboteur de H. Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 3e sér., t. XXIX, p. 841, 1903.)

Dans les laboratoires, on dispose généralement de beaucoup plus de place en hauteur qu'en largeur ; aussi, quand on veut

recueillir, laver ou dessécher les gaz produits dans une ré
tion, préfère-t-on les appareils simples, encombrant le mc
possible les tables de travail, donnant peu de pression et offr
cependant à l'opérateur toute tranquillité contre les risques
reflux ou d'absorption.

Le nouveau laveur, schématiquement reproduit ci-cont
(fig. 166) satisfait à ces desiderata. Il se compose d'un tı

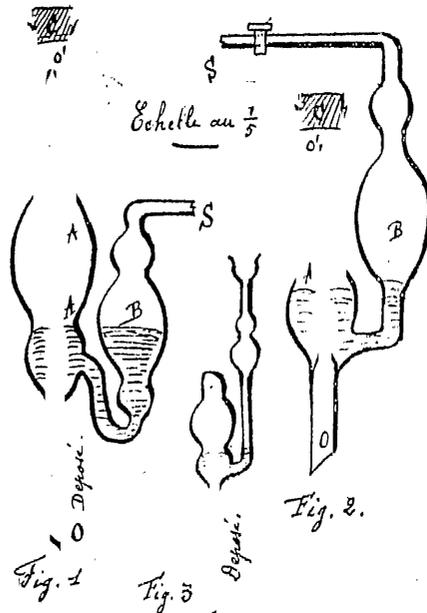



Fig. 166.

vertical en verre A, assez large, dans lequel pénètre, presc
jusqu'à l'extrémité, le tube O O' abducteur du gaz.

A une certaine distance de l'orifice inférieur O, ce tube (
est soudé, par sa périphérie, à la partie inférieure du tub
qui porte aussi, à la même hauteur, une tubulure latérale. Cc
tubulure latérale communique, par le fond, avec une pai
renflée B, également verticale et se terminant par un tı
ordinaire S.

Le tube A est fermé à la partie supérieure par un bouchon C, qu'on enlève pour verser le liquide laveur dans l'espace annulaire ; ce réactif introduit, on replace le bouchon C.

Supposons maintenant, qu'en introduisant, à frottement dur, le tube O dans un bouchon percé, on place le laveur de sûreté sur un appareil générateur de gaz ; ce gaz entre par O, sort par O′ et refoule le liquide dans le vase B, où il barbote, pour s'échapper finalement par l'orifice S.

Si une absorption se produit, le liquide suit le chemin inverse, passe du vase B dans l'espace annulaire A ; l'air rentre en barbotant dans l'appareil ; mais le réactif laveur reste en A.

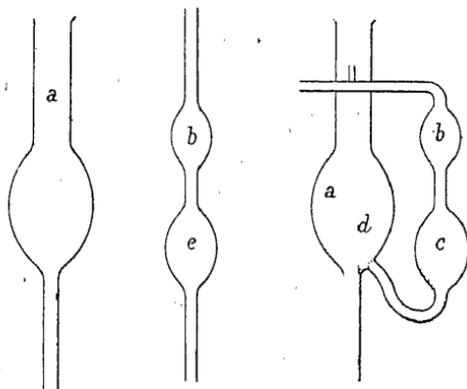



Fig. 167.

Construction du barboteur Vigreux (fig. 167). — On souffle d'abord une olive sur un tube de verre de 22 millimètres, puis on prépare les deux boules *b*, *c* sur un tube de 7 à 8 millimètres. On fait alors la soudure interne *d* et on adjoint B, C à l'ampoule A.

Laveur de Durand.

Le laveur de Durand (fig. 168) est essentiellement constitué par un bouchon de verre de forme spéciale rodé sur un flacon

ordinaire à large ou à petite ouverture. Ce bouchon est t

Fig. 168.

versé suivant son axe par le tube A d'arriv du gaz et il porte latéralement un tube B pc le départ du gaz lavé.

Construction (fig. 169). — Tout d'abord col du flacon est rodé, puis on étire un tu de verre C auquel on donne la forme coniq et s'assure qu'il épouse exactement le col flacon déjà rodé (voir Bouchon de flacon pied). On le rétrécit légèrement en D laissant l'espace nécessaire au tube centra après rodage ce rétrécissement arrivera l'effleurement des bords supérieurs du col flacon. Immédiatement au-dessus de l'étranglement on f

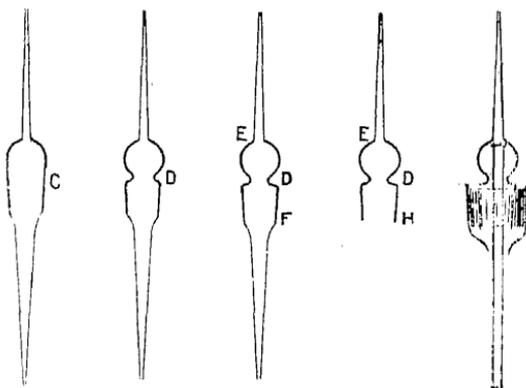



Fig. 169.

une boule E, puis on coupe ce tube à la flamme en F par moyen du pétard.

On rode alors ce bouchon, on s'assure qu'il ferme bien (vc

Rodage), puis on fait la soudure interne et la soudure latérale.

Pour effectuer cette soudure interne dans le bouchon C, on se sert comme support d'un tube à entonnoir K, de largeur suffisante pour contenir et le bouchon et le tube interne sur lequel on fixe la partie H au moyen d'un bouchon de liège ; il n'y a plus qu'à faire la soudure interne par le procédé indiqué page 82.

Laveur absorbeur pour le dosage du carbone dans les analyses organiques de H. Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e sér., t. XIII-XIV, pp. 955-956, 1913.)

Cet appareil (fig. 170) se compose d'un laveur principal auquel est soudé un laveur plus petit D. Le laveur principal est de forme cylindrique et admet à sa partie supérieure le tube d'arrivée du gaz A. Ce tube se prolonge jusqu'à l'extrémité inférieure du laveur par un tube étroit sur lequel est soudé un tube plus large B ouvert à l'extrémité inférieure et formant, par conséquent, cloche. Ce tube a été repoussé sur sa face interne suivant un sillon qui est dirigé en spirale. A ce sillon correspond, sur la face intérieure, une saillie qui suit un trajet hélicoïdal dans toute la hauteur du tube. A sa partie supérieure, le tube B est percé d'un trou très fin C. Le petit laveur D qui fait suite au précédent est allongé en pointe à sa partie inférieure ; le gaz y pénètre par un tube étroit et sort par un tube plus large qui remonte à la même hauteur que le tube A.

L'appareil est rempli d'une solution de potasse à 50 p. 100, le laveur principal complètement, le laveur D jusqu'au tiers de sa hauteur. Le gaz arrive en A, traverse la boule supérieure, descend par le petit tube interne jusqu'à l'orifice inférieur *a* et remonte à l'intérieur du tube B. Les bulles gazeuses heurtent la saillie hélicoïdale qui rétrécit la lumière du tube et, à la suite de chocs successifs, gagnent la partie supérieure en suivant un trajet en spirale. Les bulles qui n'ont pas été absorbées

s'accumulent au sommet du tube B qui forme cloche, et res
en contact avec la potasse. Le gaz repousse peu à pe
liquide qui remonte dans le laveur à l'extérieur de la clo
et lorsque sa pression est suffisante, il s'échappe par le
trou C sous la forme de fines bulles qui barbottent en
dans la potasse du la
principal, avant de ga
le second laveur.

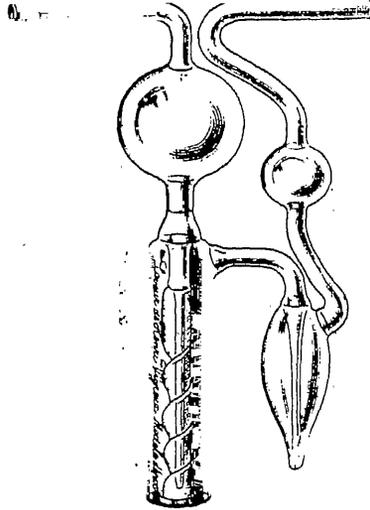



Fig. 170.

Ce nouveau disposi
l'avantage de faire par
rir au gaz carbonique
très long trajet dans la
tasse et de faire subir
bulles gazeuses, dans
rampe en hélice et dan
passage à travers le
trou C, une série de c
qui retarde leur mar
modifie leur forme et
lite pour ces deux rais
leur absorption.

Le laveur D absorbe
traces de gaz carbon
qui auraient échappé à
sorption du premier lav
mais il donne aussi des renseignements sur la marche
l'analyse. L'absorption d'une partie des bulles dégagées
le premier laveur détermine une diminution de la quantit
gaz reçue dans le deuxième laveur et, par suite, une dis
dance dans la marche des deux barboteurs. Lorsqu'il ne p
que de l'oxygène la marche est régulière; à chaque bull
premier laveur correspond une bulle dans le deuxième. Qu
l'oxygène entraîne du gaz carbonique, le synchronisme n'e
plus, et la potasse remonte après le passage de chaque
dans le tube abducteur du laveur D. Ces variations très n
donnent des indications précises pour assurer la bonne ma
d'une combustion.

Ce laveur permet de mener les analyses organiques rapidement et sans perte de gaz carbonique. Il est facile à remplir et à vider, solide, se suspend facilement aux supports, et plein, peut être pesé avec une tare de 70 à 80 grammes.

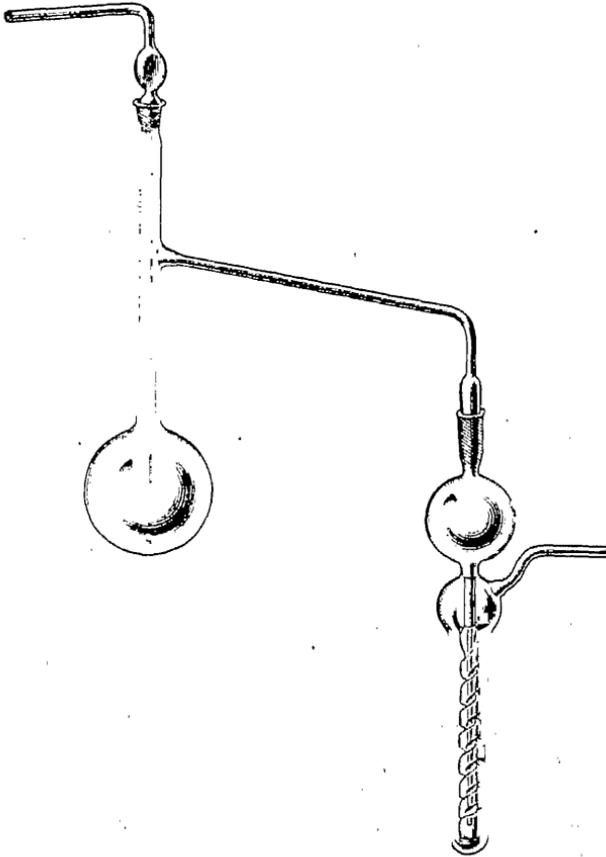



Fig. 171

La figure (fig. 171) ci-dessus représente un appareil pour le dosage de l'iode, du chlore, ou de tout oxydant pouvant libérer du chlore par action de HCl (méthode Bunsen).

Cet appareil, composé de trois pièces réunies par des rodages, se démonte très facilement pour le nettoyage.

Construction du laveur absorbeur pour le dosage du carbone (H. Vigreux).

On prépare d'abord la boule *a* d'une capacité de 10 centimètres cubes, soudée à un petit tube de 6 millimètres de diamètre ; ensuite le petit laveur *b* (voir Soudure interne) (fig. 172).

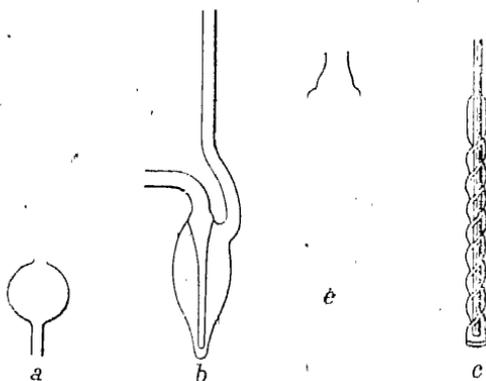



Fig. 172.

Le tube en hélice d'une longueur de 6 centimètres est fait avec un tube de verre de 15 millimètres de diamètre ; le tube intérieur de 4 millimètres de diamètre (voir Hélice sur un tube ou vis creuse).

On réunit les trois pièces *a*, *e*, *c*, de la façon suivante. On prend un tube *e* de 20 millimètres et d'une longueur suffisante pour contenir le tube principal *c*, on soude la partie *c*, et ensuite la boule *a* puis immédiatement le barboteur *b*.

L'ensemble des trois pièces donne le dispositif (fig. 170).

Laveur Liebig.

Le laveur Liebig (fig. 173) est employé pour le dosage du carbone. Le gaz qui traverse les boules se dissout par barbotage dans les trois petites boules.

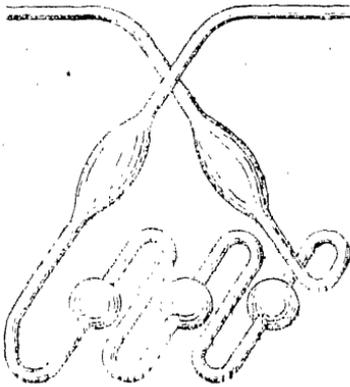
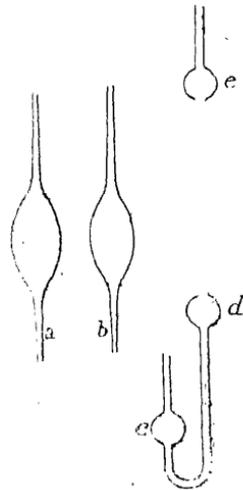



Fig. 173. Fig. 174.

Construction. — On prépare d'abord (fig. 174) les deux grosses boules ou olives *a*, *b*, l'une devant être légèrement plus grande que l'autre, afin de pouvoir, en cas d'absorption, contenir facilement tout le liquide placé dans l'appareil.

On souffle ensuite les trois petites boules *c*, *d*, *e* sur un même tube d'un diamètre de 7 millimètres. Elles doivent être régulièrement espacées les unes des autres (à 11 centimètres environ), pour qu'après courbure du tube qui les porte, elles soient en ligne droite *d*, *e* séparées deux à deux par une partie du tube plié en S.

On courbe d'abord le tube *c*, *d*, *e* assez près de la boule *c*, puis on replie le tube vers la droite, de manière à amener la

boule *d* en face de la boule *c*. On répète ces mêmes opératio pour la portion *d*, *e*.

Le tube à petites boules étant définitivement replié sur l même, on lui adjoindra les grosses boules préalablement so dées à leurs tubulures.

Le plan des tubes portant les boules *c*, *d*, *e* est ensuite un p incliné, par rapport à celui des tubes à grosses boules *a*, *b* po un bon barbotage des gaz, qui traverseront l'appareil.

Laveurs à gaz.

Les laveurs à gaz sont des appareils qu'on place sur d générateurs de gaz, ou qu'on relie avec ces derniers par intermédiaire, verre ou caoutchouc.

Un bon laveur doit offrir le moins de pression possible a passage du gaz, cependant, il doit permettre le lavage com plet, et par ce fait la dissolution entière du gaz dans le cas d analyses quantitatives.

M. Villiers professeur à l'École supérieure de Pharmacie d Paris, a imaginé un procédé qui permet et facilite l'absorptio des gaz; il a muni le tube d'arrivée du gaz dans le liquide, d'un série de trous de dimensions rigoureusement semblables, c qui a pour but de diviser le gaz en bulles d'égales grosseur et extrêmement fines (ce procédé a été breveté).

Pour obtenir ces trous réguliers, voici d'après M. Villier comment on opère :

Au bout d'un tube de verre on souffle une boule et pendan qu'elle est encore molle, on y enfonce un bout de fil de cla vecin du diamètre voulu; on le refond avec précaution d manière à ne pas brûler le fil de fer, on y enfonce un secon morceau et ainsi de suite, il est bon de rougir légèrement l fer avant de lui faire traverser la boule[1].

Quand tous les fils sont placés, on refond la boule en l

1. Pour effectuer cette opération il est préférable d'employer le procédé d la perle de verre indiqué pour la « soudure des fils de platine sur le verre »

chauffant doucement, et soufflant de temps en temps pour la rendre régulière, jusqu'à ce qu'on ait obtenu une épaisseur de verre convenable. Il ne reste plus qu'à recuire à la lampe, ce qui doit être fait avec beaucoup de soins et très lentement. Enfin la boule refroidie est plongée dans l'acide chlorhydrique qui dissout le fer.

Cette dissolution est lente et demande quelquefois plusieurs jours à froid, mais en chauffant on s'exposerait à casser le verre, tant qu'il reste des fils de fer non dissous.

M. Orcel, préparateur de minéralogie à la Faculté des Sciences de Paris, un de nos bons élèves dans l'art du soufflage de verre, s'inspirant du procédé de M. Villiers, a trouvé le moyen de pratiquer ces trous, d'une façon rapide et élégante. Au lieu de placer les fils métalliques les uns après les autres, il les pose tous en une seule fois.

Voici son procédé :

Au moyen de fils de cuivre d'environ 2 centimètres de

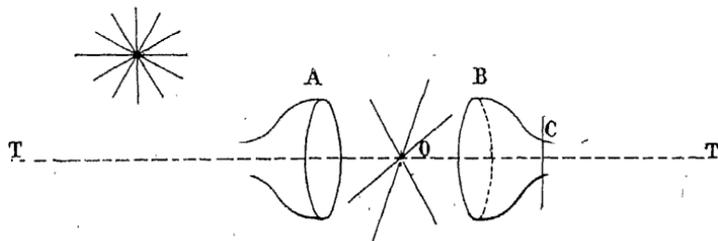



Fig. 175.

long et du diamètre correspondant à la largeur des orifices que l'on veut obtenir, on forme une sorte d'étoile en nouant entre eux ces fils à peu près dans leur partie médiane (fig. 175). On prépare ensuite une collerette A à l'extrémité du tube à dégagement TA et une autre B de même diamètre que A, à l'extrémité d'un autre tube. On fixe le réseau sur l'une de ces collerettes, en rabattant les fils le long du tube et en les maintenant au moyen d'un nœud fait avec un autre fil. Il faut avoir soin

que le centre O du réseau soit bien sur l'axe TT' des deux tube
On ramollit bien uniformément les extrémités A et B préparé
précédemment, et on emprisonne le réseau entre ces deux c
lerettes ramollies (comme si l'on voulait souder l'un à l'aut
les deux tubes TA et T'B).

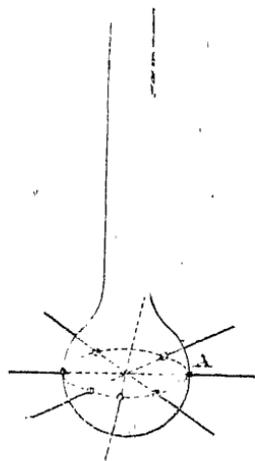



Fig. 176.

On recuit ensuite le tout au chal
meau pour donner à la boule une forr
convenable (fig. 176). Puis on ferme
tube BT' en C, et l'on façonne la bou
comme à l'ordinaire.

Après complet refroidissement, o
remplit le tube TA d'acide azotique
on le trempe lui-même dans l'acid
Au bout d'une heure le cuivre est di
sous, et l'on obtient ainsi des orifice
aussi fins et aussi nombreux qu'on
désire permettant un fractionnemen
sérieux des bulles du gaz, ce qui ren
son absorption bien plus facile. C
procédé très pratique nécessite cepen
dant une certaine habileté. Il réuss
parfaitement si l'on a soin d'employ
une flamme bien oxydante. Dans une flamme fumeuse, les fil
de cuivre fondent facilement et se placent mal.

Extraction ou épuisement.

L'épuisement peut être fait à chaud ou à froid selon la solu
bilité de la substance à isoler. Les appareils employés peuven
être à fonctionnement continu ou intermittent. En principe
l'appareil placé au-dessus d'un ballon contenant le dissolvan
(fig. 177) est lui-même surmonté d'un réfrigérant. On porte l
dissolvant à l'ébullition. Le liquide dissolvant condensé par l
réfrigérant, retombe sur la matière à épuiser chauffée par le
vapeurs ascendantes, la traverse, et s'écoule dans le récipien
inférieur *d*, entraînant la substance dissoute.

L'appareil simple à marche continue consiste, comme le montre la figure 177 en un large tube *a* auquel on a soudé bout à bout un tube *b* plus étroit et taillé en biseau. Un autre tube de moindre dimension *c* est destiné à contenir la matière à épuiser; ce tube est donc percé à sa partie inférieure (voir Trou sur un tube de verre) afin de permettre l'écoulement du solvant. On repousse latéralement quelques pointes (voir Pointes sur tube de verre) afin de maintenir le tube porte matière au milieu de son enveloppe.

Si on veut que le fonctionnement de cet appareil soit intermittent, il n'y a qu'à modifier légèrement le tube porte matière *c*. Pour cela on soudera à la partie inférieure un petit tube que l'on replie en siphon (fig. 178) (voir Tube en S). L'écoulement ne se produit que, lorsque le liquide rassemblé dans ce réservoir dépasse la courbure supérieure du siphon ; ainsi le liquide du solvant reste plus longtemps en contact avec toute la masse à épuiser et l'extraction est plus régulière.

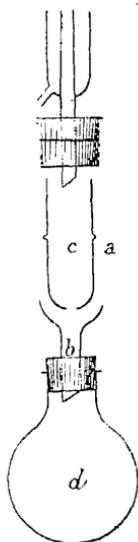
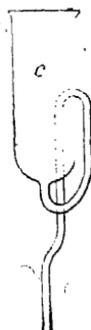



Fig. 177. Fig. 178.

Description et emploi de l'appareil Soxhlet (fig. 179).

L'appareil Soxhlet se compose d'un réservoir soudé à un tube destiné à relier l'appareil au ballon. Le tube B et le réservoir A séparés par une cloison *a* sont reliés entre eux par un large tube latéral C donnant accès aux vapeurs qui vont se condenser dans le réfrigérant, et par un siphon D qui permet le

retour du liquide condensé dans le ballon. Tandis que le tube C débouche en haut du réservoir, le siphon débouche en bas.

Construction de l'appareil Soxhlet (fig. 180). — On commence par fermer le tube porte matière A, puis on le soude par sa partie inférieure à un tube B de 13 à 14 millimètres de diamètre (voir

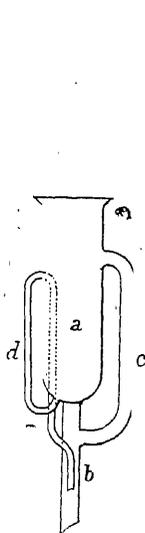
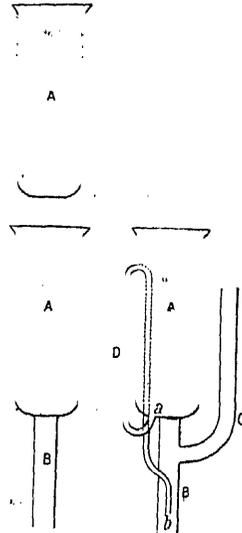



Fig. 179. Fig. 180.

Soudure fermée sur le prolongement d'un autre tube ou cloison).

Le diamètre de 13 à 14 millimètres est nécessaire pour éviter tout engorgement pendant le fonctionnement. On soude ensuite le tube latéral C qu'on courbe immédiatement, puis le tube D à siphon qu'on courbe aussitôt vers le haut.

On soude le tube latéral et le siphon à leurs extrémités (voir Tube soudé à ses deux extrémités).

A sa partie inférieure, le siphon se prolonge par un petit tube *b* destiné à favoriser l'écoulement du liquide (voir Soudure interne posée latéralement).

L'appareil d'Etaix (fig. 181) est constitué par un siphon *a*)udé latéralement à l'intérieur d'un tube *b* fermé à sa pare supérieure, mais portant une ouverture latérale *c* pour ascension des vapeurs du solvant. Ce dispositif est main-:nu dans l'intérieur d'une allonge par l'intermédiaire d'un ouchon. La matière à épuiser est disposée dans l'allonge A.

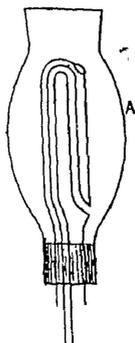



Fig. 181.

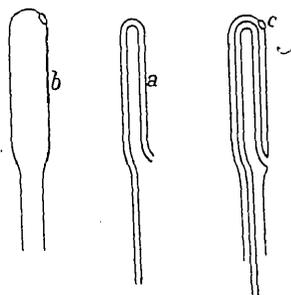



Fig. 182.

Construction de l'appareil Etaix (fig. 182). — La construction de l'appareil comprend donc la confection d'un siphon *a* que l'on soude intérieurement à un tube préalablement fermé à une de ses extrémités *b* (voir Soudure interne posée latéralement). La soudure du siphon terminée, on pratique sur le tube *b* une ouverture *c*.

Ce dispositif est alors fixé dans une allonge comme il est indiqué plus haut.

Appareils à épuisement intermittent ou continu de H. Vigreux.

(Extrait au *Bulletin de la Société chimique de France*, 4e série, t. V, p. 699, 1909.)

Cet appareil, comme celui de M. Etaix, se monte dans une allonge placée sur le ballon renfermant le liquide destiné à

l'épuisement, mais il filtre automatiquement le liquide avant l
siphonage ; en outre, le siphon est démontable, de telle sort
que l'épuisement peut être continu ou intermittent suivant le
besoins.

Comme l'indique la figure 183 il comprend trois parties qu
sont de l'extérieur à l'intérieur :

1° Un cylindre A qui porte à quelques centimètres de sa bas

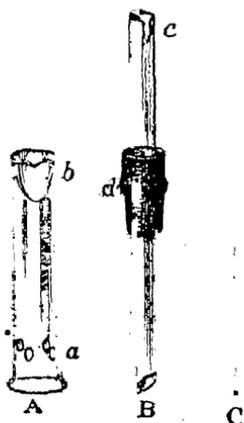
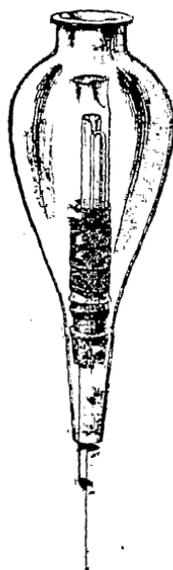



Fig. 183. Fig. 184.

quatre orifices circulaires *a*, disposés symétriquement et qui,
à sa partie supérieure, est aplati sur la moitié de sa section *b* ;

2° Un tube B ouvert en biseau à sa base et portant à la partie
supérieure une encoche *c ;* de plus, il est entouré de bouchons
de liège mobiles *d* ;

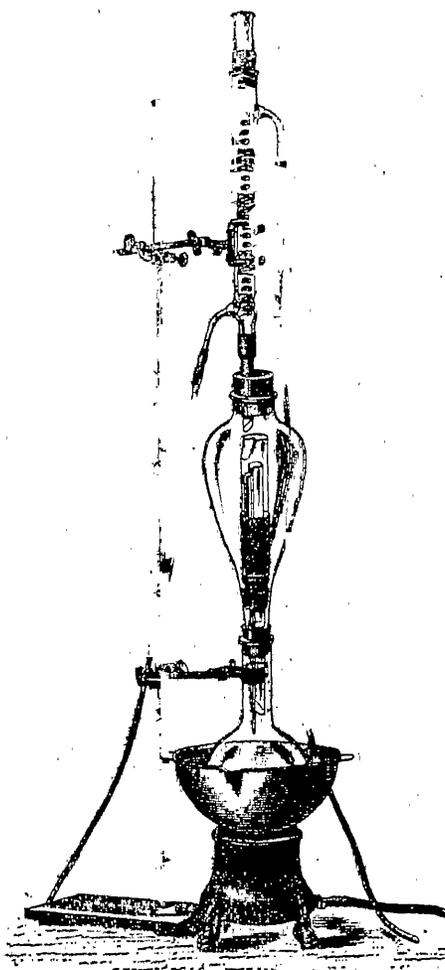
3° Un siphon C.

Pour monter l'appareil, on place le siphon C dans le tube B,
la courbure reposant bien dans l'encoche *c ;* l'une des branches
vient très près des bouchons *d*, l'autre branche dépassant un

peu la partie inférieure du tube B. Ces deux pièces étant réunies sont alors placées dans le cylindre A qui est préalablement entouré d'une toile à torchon, puis d'une toile métallique bien serrée, surtout si la matière est très fine; le tout recouvre seulement les orifices *a* par où doit passer le liquide filtré.

Ce dispositif est alors placé dans une allonge (fig. 184); on dispose la matière à épuiser dans l'allonge et en dehors de l'appareil filtrant. Cette allonge fixée à un ballon contenant le solvant, est surmontée d'un réfrigérant dont le biseau laissera couler le liquide condensé sur la partie aplatie du cylindre A (fig. 185).

Fig. 185.

Il est dès lors facile de se rendre compte du fonctionnement de l'appareil : les vapeurs passent par le tube central B, se condensent dans le réfrigérant; le liquide condensé tombe sur la matière à épuiser, la traverse en la dissolvant, filtre par les orifices *a*, remplit le cylindre jusqu'à la hauteur supérieure du tube B; le siphon s'amorce alors de lui-même, vide l'appareil et ainsi de suite.

En employant un réfrigérant puissant (à grosses pointes par exemple), dont le tube inférieur très large laisse opérer l reflux aisément, on peut mener l'opération très rapidement Le liquide retombant sur la matière, conserve une températur élevée, car il est réchauffé continuellement par les vapeurs qu arrivent en grande abondance.

Le fonctionnement de l'appareil, ainsi disposé (fig. 185) ave le siphon, est donc intermittent; mais en supprimant le siphon l'appareil devient continu, le liquide condensé étant toujours obligé de filtrer et de passer par les orifices *a* pour arriver à la hauteur supérieure du tube B, et retomber dans le ballon L'épuisement peut donc se faire dans les deux cas.

Le siphon est interchangeable. La hauteur du tube B dans le cylindre A est variable d'après la place du bouchon fermeture *d*, et permet ainsi de produire le siphonnage sous des pressions variables suivant la quantité de matière à épuiser.

Comme, d'autre part, la pression dans l'appareil est proportionnelle à la hauteur du liquide à filtrer, condensé et contenu dans l'ampoule, on peut augmenter ou diminuer cette pression selon la difficulté de la filtration.

Cet appareil qui sera utile aux chimistes, a l'avantage d'être complètement démontable, réglable, d'une grande simplicité, de nettoyage et de construction faciles.

On a expérimenté ce dispositif, avec succès, au laboratoire de chimie organique de la Sorbonne. Il donna toujours avec des poudres fines, très denses, puis très légères, un épuisement rapide et complet.

Construction de l'appareil à épuisement de H. Vigreux.

On prend un tube de verre A (fig. 186) assez large de 20 à 22 millimètres de diamètre, d'une longueur variable avec l'allonge dont on dispose. On perce à la base du tube A quatre petits trous (voir Percer des trous sur un tube de verre). Au moyen du couteau à verre on repousse vers l'intérieur en C le tube A.

On coupe un tube de verre D de 12 à 14 millimètres de diamètre et d'une longueur supérieure à celle du tube A. Ce tube D servira de support au siphon en même temps qu'il permettra le passage des vapeurs du dissolvant. On l'a échancré à sa partie supérieure pour l'emplacement du siphon, et taillé en

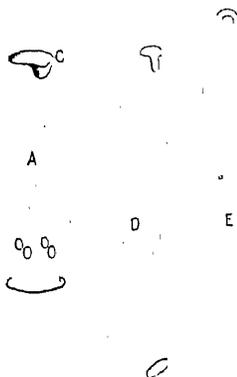



Fig. 186. Fig. 187.

biseau à sa partie inférieure pour favoriser l'écoulement du liquide condensé. On plie un tube de verre E de 2 millimètres environ de diamètre intérieur et d'une longueur un peu supérieure à celle du tube D.

Ces trois tubes placés les uns dans les autres (fig. 187) constitueront la partie principale. Il n'y a plus qu'à fixer cette partie dans une allonge au moyen d'un bouchon de liège.

Appareil pour le dosage des alcools dans les vins de H. Vigreux.

Dans ce dispositif (fig. 188) les ballons sont reliés aux tubes condensateurs par un tube de verre incliné et deux fois courbé La cuve, le support à ballons et la rampe à gaz étant mobiles

on peut les déplacer à volonté ; c'est ainsi que pour la distill
tion des vins le dispositif convient parfaitement, les ballon
devant être placés assez bas, surtout dans le cas des vi
mousseux ; on évite ainsi l'entraînement dans les réfrigérant
Au contraire, pour les alcools, les cognacs, etc., il faut évit

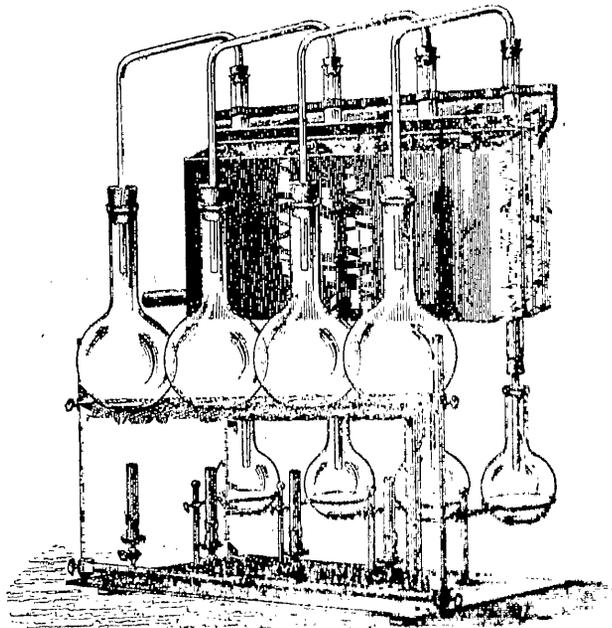



Fig. 188.

une surchauffe qui pourrait détruire les éthers ; il suffit dans
ce cas de rapprocher le ballon très près du réfrigérant ; pou
cela on n'a qu'à remonter le support et la rampe à gaz et à relie
les ballons aux condensateurs par un tube de verre très court

La puissance des réfrigérants à pointes, active de beaucou
la distillation ; il y a aussi un avantage sur les serpentins, c'es
qu'en détachant même brusquement les ballons, il n'y a jamai
retour du liquide condensé. Ce système est d'un manieme
commode et facilement démontable.

Soit isolés, soit mieux encore groupés en série, les appareils qui viennent d'être décrits permettent d'effectuer les dosages sans perte et dans un temps minimum. Nous espérons qu'ils pourront rendre des services aux chimistes et dans tous les laboratoires où l'on est appelé à faire journellement de nombreuses analyses.

Appareils en série pour doser l'ammoniaque de H. Vigreux.

Pour les laboratoires où l'on a souvent à faire plusieurs

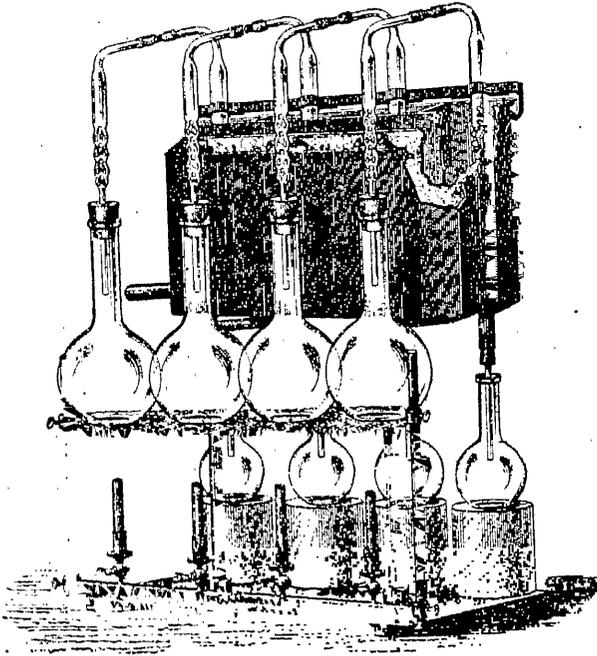



Fig. 189.

dosages à la fois, on a disposé ces appareils en groupe de quatre (fig. 189); on pourrait réunir en série un nombre plus

grand d'appareils. Chacun d'eux est construit comme il a été dit plus haut, mais leurs tubes réfrigérants, au lieu d'avoir leur enveloppe propre, comme dans les appareils isolés, sont placés dans une enveloppe métallique commune très étroite, à circulation d'eau. Afin d'éviter la formation de couches chaudes à la partie supérieure, on l'a partagée sur la moitié de sa hauteur par des cloisons en nombre égal aux tubes réfrigérants.

L'eau, amenée par le fond de la cuve, est divisée par les cloisons, s'échappe par des orifices placés à la partie supérieure de chaque cellule et retombe dans une seconde cuve adossée à la première qui déverse l'eau à l'extérieur. Le refroidissement ainsi obtenu est parfait ; cette disposition permet de se rendre compte très facilement et à distance du fonctionnement de toute la batterie.

Appareil à doser l'ammoniaque de H. Vigreux.

Le dispositif (fig. 190) est destiné à doser l'ammoniaque par la méthode de Kjeldahl, mais il réalise les propriétés des appareils à pointes de Vigreux antérieurement présentés à la Société chimique. Il se compose d'un tube à pointes de 15 centimètres, possédant quatre couronnes de quatre pointes et quatre plateaux de quatre pointes, relié par un fort caoutchouc à un réfrigérant de 25 centimètres de long, également à pointes, dont l'orifice, plus petit que dans les modèles courants, peut plonger dans le ballon contenant la solution titrée.

Les deux appareils, disposés verticalement, sont placés sur un support et tenus par une pince spéciale qui, à la fois maintient le réfrigérant, et reçoit la colonne au repos.

Le tube à pointes effectue une véritable distillation fractionnée laissant passer le gaz ammoniac avec la moindre quantité d'eau nécessaire à sa condensation. En outre, il est inutile d'employer une boule pour éviter les absorptions du début ; s'il se produit une absorption, le liquide monte dans le réfrigérant sans qu'il y ait à craindre un retour dans le reste de l'appareil ;

le tube est suffisamment lavé par la distillation qui s'opère ensuite.

Cet appareil permet de mener très rapidement des dosages de matières azotées.

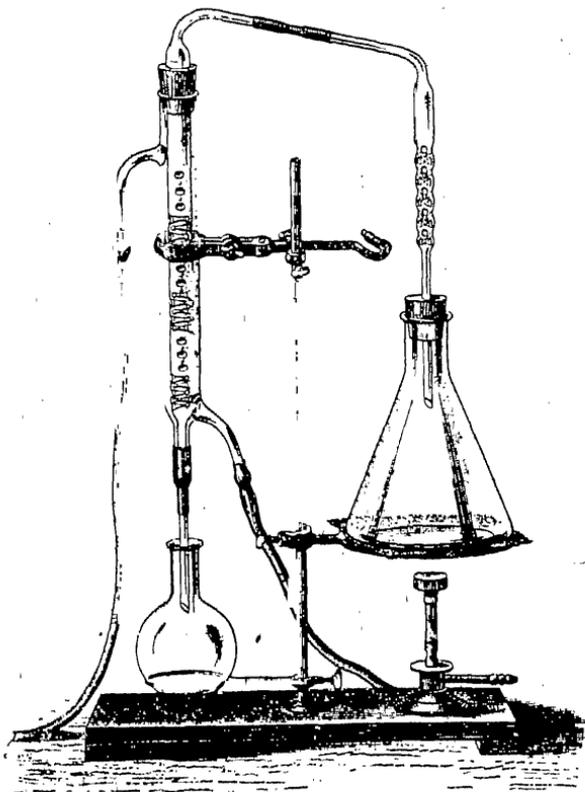



Fig. 190.

Un des plus anciens appareils est celui de Schlœsing. Il comporte deux parties principales : un tube de 16 à 20 millimètres de diamètre plié en serpentin prismatique, mais d'une longueur suffisante pour condenser la majeure partie de la vapeur d'eau entraînée. Le gaz s'échappe à l'état humide. Le serpentin est

relié à un réfrigérant destiné à condenser cet ammoniaque humide. Le réfrigérant est raccordé à une boule dont le but est d'empêcher, en cas d'absorption, le retour de la solution titrée dans le reste de l'appareil.

Pour la construction voir Serpentin prismatique.

Appareils pour l'obtention d'eau distillée pure par H. Vigreux.

(Extrait de *La Pharmacie Française*, 1914, nº 4, pages 145-146.)

Diverses publications médicales ont attribué à l'eau de distillation, les accidents dus aux injections des composés arsénicaux notamment au 606.

D'après ces auteurs les principaux coupables seraient les sels de plomb provenant des récipients de distillation, d'après d'autres ce seraient des gaz dissous, et notamment de l'oxygène. Les sels proviendraient de l'emploi de verres à base de silicate de plomb, et en majeure partie des joints en caoutchouc et des bouchons de même nature. Pour parer à ces inconvénients, nous avons construit un appareil complètement en verre d'Iéna, à base de silicate de calcium et de potassium, ne comportant aucun joint et aucun bouchon comme l'indique la figure 192. Il comprend un ballon d'environ 1.500 centimètres cubes, surmonté d'une colonne à rectifier à pointes repoussées et relié à un réfrigérant de disposition toute nouvelle. Celui-ci est formé de trois tubes à pointes munis à leur partie inférieure d'un trop-plein en forme de siphon où l'eau elle-même forme fermeture.

Ce réfrigérant à grande surface condense la vapeur d'eau sans courant d'eau froide, en empruntant sa puissance à l'air ambiant. L'eau recueillie vers 55° est entièrement privée des gaz de l'air, et est très pure.

Nous nous sommes assurés que l'eau après plusieurs heures d'ébullition en présence du verre pilé (le même ayant servi à construire nos appareils) ne décelait aucune trace de plomb.

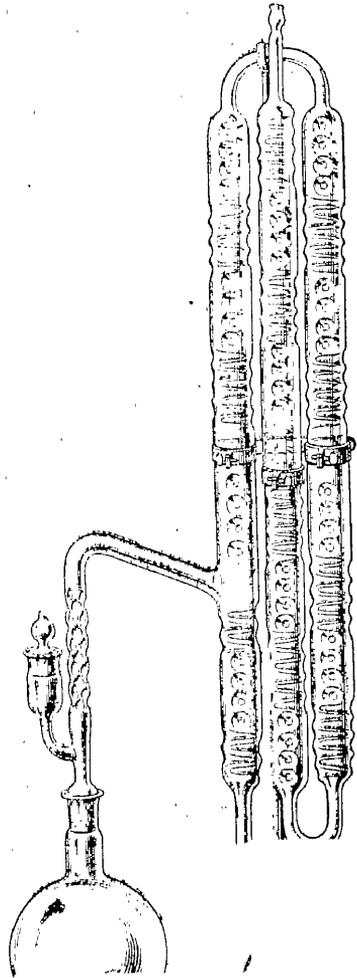



Fig. 101.

Il fallait aussi vérifier qu'elle n'avait pas dissous d'autres substances, à cet effet nous avons pris la conductibilité, ce qui était la meilleure manière de nous en assurer.

Les résultats ont été les suivants :

Trouvé :

$$\left.\begin{matrix}6038,9\\6033,4\\6036\end{matrix}\right\}\text{ moyenne } 6,035 \text{ ohm d'où } K - 1,13 \times 10^{-5}\frac{1}{\text{oh. cm.}}$$

Cette très faible conductibilité nous autorise donc à dire que notre appareil permet l'obtention d'une eau parfaitement pure soit pour les essais physiologiques et pour les essais physiques. Pouvant être employé partout et n'occupant que très peu de place, il peut rendre de grands services.

Pour les personnes possédant une canalisation d'eau, nous avons construit sur le même principe un appareil encore moins encombrant (fig. 191).

Il se compose d'un ballon de 1.500 centimètres cubes surmonté d'une colonne à pointes reliées à un réfrigérant à eau le tout maintenu par un support spécial.

Les résultats d'analyse de l'eau sont les suivants :

Conductibilité électrique K à 25° prises dans un appareil à électrodes.

Trouvé :

$$R : \left\{\begin{matrix}5\,181,6\\5\,180,9\\5\,181,3\end{matrix}\right\}\text{ moyenne } 510 \text{ ohm d'où } K - 1,31 - 10^{5}\frac{1}{\text{oh. cm.}}$$

On voit que ces résultats sont conformes à ceux obtenus avec l'appareil à réfrigération d'air.

Régulateur de température.

Le régulateur (fig. 193), imaginé par Chancel est destiné à maintenir automatiquement le débit de gaz constant dans un appareil de chauffage et de permettre ainsi d'obtenir une tem-

pérature constante. L'appareil est de construction facile et de sensibilité satisfaisante. Il se compose d'une cuvette A et d'un tube B capillaire sur lequel est soudé un tube plus large G muni d'une tubulure D. La partie supérieure du tube C est fermée par un bouchon de caoutchouc traversé par un tube E. La tige capillaire porte vers le haut une tubulure G soudée latérale-

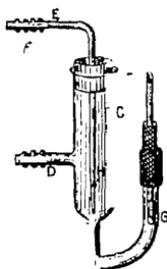
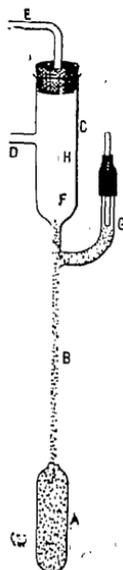



Fig. 193. Fig. 194.

ment et fermée exactement par un tube de verre plein traversant un bout de tuyau de caoutchouc.

L'appareil étant rempli de mercure jusqu'au haut du tube capillaire est placé dans l'enceinte chauffée. Le gaz combustible arrive dans le régulateur par le tube E et sort par la tubulure D. Le mercure monte par dilatation dans le réservoir supérieur et vient obstruer la partie effilée du tube abducteur de gaz si la température s'élève trop. Toutefois le brûleur ne éteint pas car sur le tube effilé E on a pratiqué une très petites

ouverture latérale H qui laisse passer une faible quantité d
gaz; le bec brûle en veilleuse.

Le réglage s'obtient en versant plus ou moins de mercur
dans l'appareil, ou ce qui revient au même, en déplaçan
le tube E dans le bouchon qui le maintient, on achève en enfon
çant plus ou moins la tige de verre dans la tubulure G.

Construction (fig. 194). — On prend un tube de verre capil
laire B de 8 millimètres d'épaisseur et de 1 millimètre de dia
mètre interne, d'une longueur de 10 centimètres environ que
l'on soude au récipient A qui peut avoir une capacité de 10 cen
timètres cubes. On soude d'autre part un entonnoir C auque
on adapte une tubulure D portant quelques olives. On pratique
ensuite la soudure du tube G de 7 à 8 millimètres de diamètre.
On ferme ce tube par un morceau de caoutchouc à vide traversé par un tube de verre plein.

On prend un tube de verre E de 8 à 9 millimètres de diamètre qu'on étire à une de ses extrémités, sur cette pointe de verre on pratique une très petite ouverture F (voir Percer un tube de verre). On fait quelques olives à l'autre extrémité que l'on courbe et que l'on fixe à l'aide d'un bouchon de caoutchouc sur l'entonnoir C.

Régulateur de Schlœsing.

Cet appareil se compose d'un tube thermométrique A,B, rempli de mercure. Quand on plonge le réservoir A dans un milieu chauffé, le mercure monte traverse le robinet et se rend jusque dans l'entonnoir. Quand on a atteint la température voulue, on ferme le robinet, le mercure est refoulé dans la branche C et vient gonfler une membrane de caoutchouc fixée (fig. 195) en *a*.

Lorsque la membrane de caoutchouc se gonfle, elle repousse une lame métallique D, qui vient s'appliquer sur l'extrémité ouverte du tube E en *b*, et ferme l'arrivée du gaz. On a ménagé une petite encoche en *b* ou percé un petit trou sur le tube E

pour livrer passage à une quantité de gaz suffisante pour éviter les extinctions. Le gaz arrive par E. Le débit est réglé en *a* et c'est par F qu'il se rend à l'appareil de chauffage.

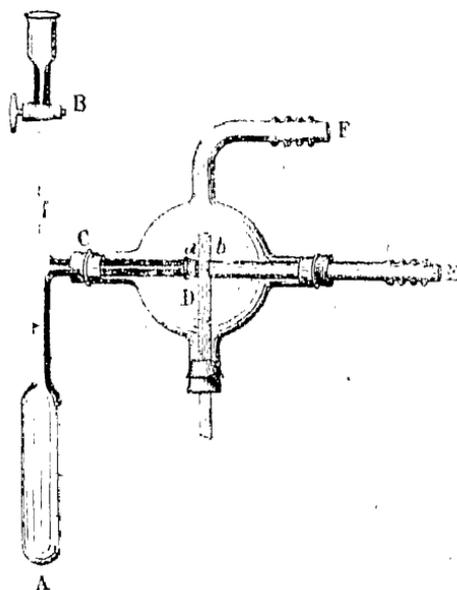



Fig. 195.

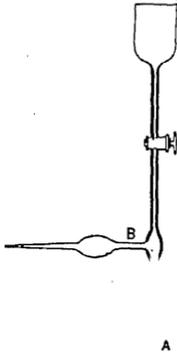
La construction de cet appareil est simple, elle ne présente pas de difficulté.

Trompe à mercure.

Avec les trompes à eau il est impossible d'obtenir un vide parfait puisque ce dernier est limité par la tension de la vapeur d'eau à la température ambiante, on ne peut aller au-dessous de 8 millimètres.

Pour les opérations qui nécessitent un vide parfait on a souvent recours aux trompes à mercure de construction plus ou moins simple, mais de principe unique.

La figure 196 représente une trompe à une seule chute ; ι tube A, d'au moins 90 centimètres de longueur, courbé à partie inférieure, plonge dans une c

vette où sera reçu le mercure. Le tul porte à sa partie supérieure un entonno fermé par un bon robinet.

Sur le côté, et tout en haut, on plac un tube latéral sur lequel on soude l'a pareil B dans lequel on veut faire vide.

Le mercure en passant devant la tubı lure latérale B aspire de l'air qui s trouve dès lors retenu entre deux goutte de mercure qui tombent. Ainsi se pr duisent ces chapelets de mercure d'air qui finalement tombent dans la cu vette où le mercure se rassemble et l'ai s'échappe.

Ces chapelets sont, au début, d'un certaine longueur, ils vont en diminuan au fur et à mesure de la raréfaction d l'air.

Fig. 196.

Une trompe à mercure a ordinaire ment plusieurs chutes, afin d'obteni plus rapidement du vide. Le remontag du mercure se fait soit à la main, soit automatiquement, pa le procédé de Verneuil.

Remontage automatique du mercure système Verneuil.

Le réservoir supérieur R d'une trompe à mercure est sur monté d'un tube barométrique T de hauteur convenable dan lequel le vide est maintenu au moyen d'une trompe à eau.

La chambre barométrique supérieure B communique égale nent au moyen d'un tube de verre *t* de petit calibre avec la

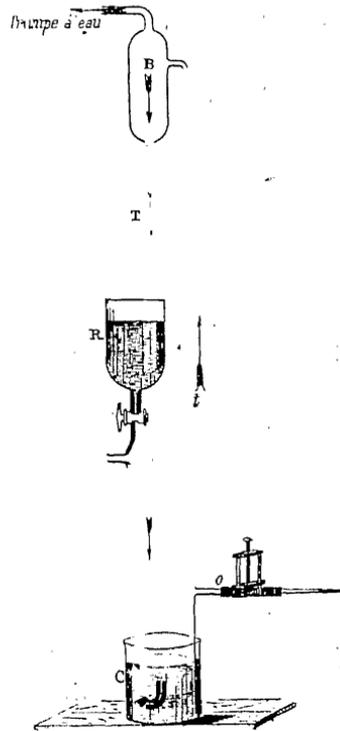
uve d'écoulement G de l'appareil. Le mercure de la cuvette t du réservoir, grâce au vide qui règne dans les tubes T et t ıonte bien à une hauteur de 75 centimètres mais ne peut épasser cette hauteur.

L'artifice employé par Ver-.euil consiste à produire vers le ›as du tube t une légère fuite l'air réglable au moyen d'une ubulure latérale O fermée par ın caoutchouc et une pince à 'is. Chaque bulle d'air qui rentre :n O entraîne avec elle un mé-ıisque de mercure jusqu'à une ıauteur bien supérieure à celle ui est présentement nécessaire. Ces ménisques sont déversés au ur et à mesure dans la chambre ›arométrique B et de là dans le éservoir R, tandis que l'air est :ntraîné dans la trompe à eau et ıinsi de suite.

Fig. 197.

Les flèches indiquent le sens lu mouvement cyclique du mer-:ure dans l'appareil.

Jauge de Mac Léod.

Lorsque le vide est poussé jusqu'à une fraction de millimètre de mercure, on ne peut plus se servir du manomètre ; on emploie alors la jauge de Mac Léod; elle est formée d'un petit réservoir K, surmonté par un tube fermé T qui est gradué à partir de son sommet en parties d'égal volume, la capacité d'une division, valant la N° partie de la capacité totale jusqu'en U. La boule K communique d'une part avec un réservoir à mercure qu'on peut soulever au-dessus de la jauge, et d'autre

part, avec un tube V, communiquant avec le récipient où l'o fait le vide. Pour mesurer la pression rés duelle on soulève le réservoir, le mercur arrive jusqu'en U et isole le gaz dans l jauge, puis il monte dans le tube V en mêm temps que dans K, T.

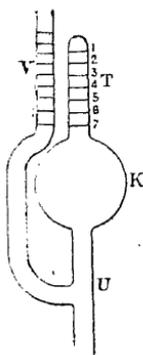



Fig. 198.

Dans la jauge le gaz se comprime et lors que le mercure a pénétré dans la tige V il est d'un niveau plus élevé que dans T une graduation permet de mesurer la dif férence de niveau h qui existe entre V et T, on lit en même temps la division ? de T.

La pression à mesurer est donnée par la formule $x = h \times \frac{n}{N}$.

Thermostat.

La dilatation du mercure n'étant plus assez grande pour donner à l'appareil une sensibilité suffisante, on règle dans ce cas automatiquement l'admission du gaz à brûler par la dilatation, d'alcool, benzine ou toluène chauffés à la température voulue, agissant sur un bouchon hydraulique de mercure de manière à éviter tout déréglage par volatilisation du corps dilatable.

Un appareil fonctionnant avec une régularité parfaite et pouvant maintenir par exemple de l'eau à une température de 25° à 1/10e de degré près sera le suivant.

La figure représente le réservoir placé sur le fond du récipient, c'est un tube de verre mince de 27 à 28 millimètres de diamètre replié trois fois pour présenter un grand volume avec un encombrement minimum. (Le réservoir pourrait avoir une toute autre forme.)

Un tube de 7 à 8 millimètres est soudé en son milieu et disposé perpendiculairement à lui ; ce tube porte une boule de 30 à 40 centimètres qui doit se trouver au milieu de la hauteur

u récipient, cette boule est prolongée par un tube de 7 à millimètres communiquant avec le régulateur à mercure, écrit précédemment.

Un dispositif à ailettes actionné par un moteur quelconque,

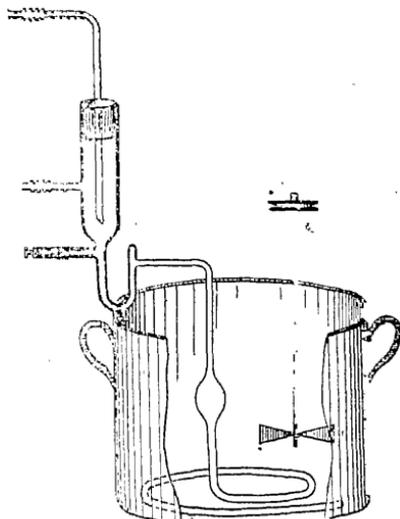



Fig. 199.

ne turbine à eau par exemple met en mouvement le liquide ontenu dans la cuve, ce qui permet d'obtenir une température niforme dans toute la masse.

Tubes ou ballons à air liquide.

Dans les laboratoires on peut avoir besoin de recueillir et de onserver pendant quelques heures du chlorure de méthyle, de a neige carbonique par exemple. Il serait parfois avantageux le pouvoir construire soi-même un récipient convenable. Les ;ros ballons ou vases que seule l'Industrie construit sont faits le la façon suivante.

Le ballon interne est soufflé puis placé dans son envelopp
comme le montre la figure 200, il est ensuite calé de tous côté
avec des cartons d'amiante qui le maintiennent centré. On l
place ensuite sur un tour mû par le pied qui imprime un rapid
mouvement de rotation. A l'aide d'un gros chalumeau très puis
sant l'on chauffe au rouge les bords des deux cols du ballo
et de son enveloppe *a*, puis avec une tige ou plaque métallique
on les rapproche afin de les souder l'un à l'autre. Un dispo

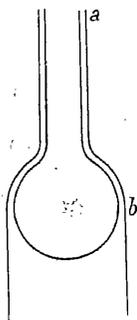



Fig. 200. Fig. 201.

sitif particulier de soufflage permet de régulariser cette sou
dure et l'épaisseur de sa paroi.

On maintient l'appareil en construction sur le tour par so
col. On actionne le tour tandis que le chalumeau chauffe l
partie la plus renflée *b* du ballon (fig. 201) qui grâce à de
soufflages successifs prend la forme concentrique du réservoi
sphérique intérieur. Après avoir argenté les parois on élimin
l'air contenu entre les deux ballons, d'abord à la trompe à ea
et ensuite à la trompe à mercure, on ferme l'extrémité *c* à l
flamme.

Une série identique d'opérations sera faite pour construir
les tubes à double paroi dont les capacités atteignent plusieur
litres. Dans un laboratoire cette façon de procéder serait irréa
lisable, à cause de l'outillage nécessaire. Pourtant avec l'arti

fice suivant, on peut avec un chalumeau ordinaire de souffleur, construire des ballons ou des vases d'une contenance maximum de 125 centimètres cubes.

Contrairement au procédé industriel, on fera tout d'abord le

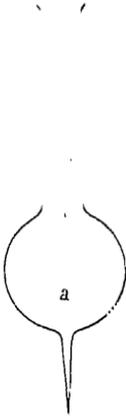
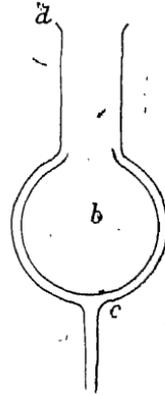
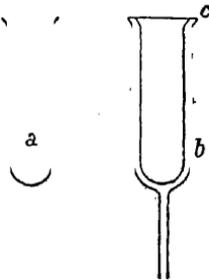



Fig. 202. Fig. 203. Fig. 204.

ballon extérieur (fig. 202) au fond duquel on soudera un petit tube de verre de 8 à 9 millimètres de diamètre. On ramassera ensuite par fusion du verre au bout d'un tube comme si l'on se proposait de faire un ballon *b* (fig. 203).

Fig. 205.

L'ensemble de la masse de verre à souffler étant très chaude, on l'introduira rapidement dans son enveloppe *c* (fig. 204) et l'on soufflera le ballon. On coupera le tube du ballon intérieur *b* en *d* au niveau du col du ballon enveloppe, on calera avec du carton ou du papier d'amiante le ballon interne *b*. On soudera ensuite les deux cols ensemble d'après le principe indiqué précédemment. Il ne restera plus qu'à argenter (voir Argenture), faire le vide et fermer la pointe de verre.

Un tube à double paroi (fig. 205) sera beaucoup plus facile à

réaliser. Le principe de construction sera ici le même que celu utilisé dans l'Industrie. Le vase intérieur *a* sera d'abord ferm comme un tube à essais (voir Tube à essais) puis légèremen évasé, ensuite placé coaxialement dans son enveloppe *b* e calé avec des cartons d'amiante. L'appareil ne formant plu qu'un bloc, on le chauffera en *c* tout en le tournant sur lui-même. Le verre étant bien chaud, on provoquera le rappro chement des bords des deux tubes au moyen du couteau à verre ou avec une pointe métallique (voir Félure sur verre) On terminera ensuite l'appareil, comme il a été dit pour les appareils cités plus haut.

Moyen pratique de construire un tube de Dewar, par H. Vigreux.

(Extrait des *Annales de chimie analytique*, p. 294, 15 août 1914.)

L'emploi des tubes de Dewar tend à se répandre de plus en plus en particulier pour la conservation des gaz liquéfiés.

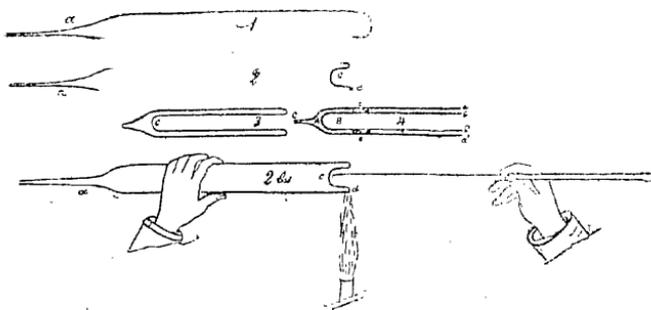



Fig. 206.

Leur construction par le procédé employé jusqu'à ce jour es difficile et ne peut être réalisée qu'avec beaucoup de précau tions et de très bons travailleurs de verre. Rappelons ce pro cédé (fig. 206). Il consiste, d'abord, à placer le tube B à l'inté

rieur du tube A (nº 4 de la figure) de façon que B et A soient soient concentriques. On place en cc' du carton ou du papier d'amiante pour maintenir les tubes dans cette position, puis on chauffe à la flamme d'une soufflerie les extrémités aa', bb' des deux tubes ; on les rapproche au moyen du couteau à verre lorsque le verre est devenu mou, de façon à les souder, enfin on souffle par C pour régulariser la soudure en ab', a' b'.

Ce procédé limite à la fois et le diamètre et la longueur des tubes. Celui que nous allons indiquer permet au contraire de faire beaucoup plus facilement ces vases de toutes dimensions. L'expérimentateur moyennement habile dans le travail du verre pourra construire lui-même ces appareils.

Construction. — On commence par nettoyer soigneusement le tube de verre, à l'alcool d'abord, afin de dissoudre les matières grasses pouvant se trouver sur les parois, à l'acide azotique ensuite (ou avec un mélange d'acide chromique et d'acide sulfurique) ; enfin on le lave longuement à l'eau distillée puis on le sèche, tout cela pour permettre l'adhérence de l'argenture.

Le tube étant propre, on l'étire à son extrémité a et on le ferme à son extrémité b comme un tube à essai. La partie a doit naturellement toujours rester ouverte. On chauffe en b, avec la flamme du chalumeau, afin de rendre le verre mou, puis par a on aspire légèrement. Le verre en b, rentre un peu à l'intérieur du tube formant un ménisque concave c. Maintenant alors le tube dans la flamme de la soufflerie, comme l'indique le nº 2 *bis* de la figure, on continue à chauffer les bords de ce tube en a et avec une pointe de fer maintenue horizontale, on repousse à l'intérieur du tube le verre devenu mou en appuyant en c avec l'extrémité de la pointe, on continue ce mouvement tournant dans la flamme jusqu'à ce qu'on ait obtenu le verre de la longueur désirée, ce qui se fait avec une extrême facilité. Il ne reste plus qu'à argenter les parois internes.

A cet effet, on introduit par a en quantité suffisante pour mouiller les parois, une solution ammoniacale d'argent prépa-

rée à l'avance ; on verse quelques gouttes d'une solution d'al déhyde formique à 40° (formol ordinaire) ; on agite légèrement l'argent métallique se fixe sur les parois.

L'opération terminée, on laisse égoutter le vase. Lorsqu'i est sec, on fait le vide par *a* avec une trompe à mercure, et lorsque le vide est fait, on ferme à la lampe la pointe étirée *a* On a alors un vase de Dewar tel que le représente le n° 3 de la figure.

Thermomètre.

Le thermomètre se compose d'un réservoir de verre cylindrique ou sphérique surmonté d'une tige de verre plus ou moins capillaire mais de section intérieure uniforme. Pour s'assurer que le tube capillaire a la même section sur toute sa longueur, c'est-à-dire qu'il est bien calibré, on y introduit une petite quantité de mercure. Promenée le long du tube, elle doit toujours présenter la même longueur à la température constante naturellement.

Étant en possession d'un tel tube, on souffle à sa base un réservoir. Pour cela ou bien le réservoir sera rapporté sur la tige comme cela a lieu dans le cas des gros thermomètres, ou bien il sera soufflé directement sur la tige comme pour les thermomètres plus fins. Pour ce dernier cas on étire la tige (fig. 207) et on la ferme en *a*, ensuite on soude en *c* une ampoule *b*, cette ampoule est fermée en *d* ; on chauffe légèrement cette ampoule, puis on chauffe au rouge la partie *e*, l'air chauffé contenu dans l'ampoule se dilate et exerce une pression sur le verre ramolli, qui lui aussi se dilate ; on n'aura qu'à prolonger le chauffage de l'ampoule *b* pour obtenir en *e* un réservoir plus ou moins grand.

On pourrait encore, la tige étant fermée en *a*, et chauffée, prolonger le chauffage à l'autre extrémité *b* jusqu'à ce que l'air chaud ait fait éclater le verre. Avec un tube de même diamètre qu'on viendrait souder à cet endroit, on pourrait construire un réservoir de capacité voulue.

Le thermomètre étant construit par l'un ou l'autre des pro-
;édés indiqués, on chauffe ensuite tout l'appareil dans la
lamme éclairante et on ferme aussitôt en fondant la pointe de
'ampoule, ce qui a pour but de faire dans l'appareil un vide
'elatif.

L'appareil étant froid on le plonge dans un récipient conte-
ıant du mercure (fig. 208) ; en frappant légèrement le fond du

Fig. 207. Fig. 208.

vase on brise la pointe de la boule, et le mercure monte dans l'ap-
pareil; puis en retournant l'appareil et en inclinant légèrement
le tube, le réservoir en bas (fig. 209) et en chauffant ce der-
nier, l'air qui est contenu s'échappe en traversant le mercure
contenu dans la boule B.

Par refroidissement le peu d'air qui reste se contracte et le
mercure qu'on a chauffé légèrement dans la boule pour qu'il ne
brise pas l'appareil vient remplir le réservoir. On chauffe alors
le thermomètre à une température un peu supérieure à celle
que doit avoir l'appareil; tout l'excès de mercure passe dans la

boule, quand on juge que tout l'air contenu dans la colonne été chassé, on détache la boule au moyen du chalumeau. « L chauffage se fera au moyen d'un bec Bunsen en veilleuse o mieux au moyen d'une lampe à alcool. »

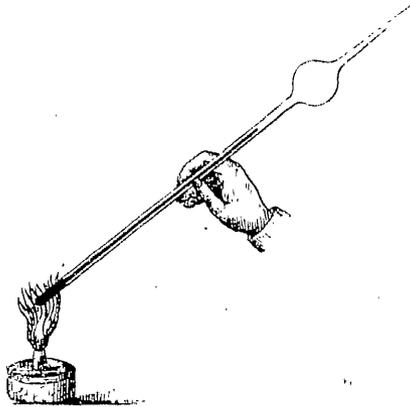



Fig. 209

Une fois revenu à la température ambiante, le mercure d thermomètre doit remplir le réservoir et monter légèremen dans la tige.

Si la colonne de mercure est brisée, pour la rétablir, on peu utiliser le procédé suivant basé sur la force centrifuge, o attache le thermomètre au moyen d'une ficelle comme l'in dique la figure 210, puis on fait tourner rapidement le thermo mètre comme on le ferait avec une fronde, au bout d'un certai nombre de tours, la colonne de mercure est continue.

Pour terminer, on chauffe au rouge sombre le sommet de l tige du thermomètre, et en même temps le réservoir avec un lampe à alcool. Comme il reste toujours dans la colonne libr un peu d'air, ce dernier se dilate et une toute petite ampoule à se forme à la partie supérieure de la tige thermométrique ; o l'appelle chambre à air. Ensuite on replie la pointe de verre d sommet sur elle-même de manière à en faire une petite boucl destinée à suspendre le thermomètre (fig. 211).

Pour contrôler la bonne construction d'un thermomètre on peut se servir de la machine à diviser, ou de tout autre appareil, composé d'une table sur laquelle sont disposées deux

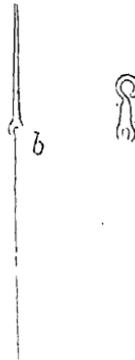



Fig. 210. Fig. 211.

lunettes qui se déplacent parallèlement et permettent de viser les divisions du thermomètre.

On détache alors dans ce dernier une colonne de mercure d'une longueur de 10 à 20 divisions, ceci s'opère en inclinant légèrement le thermomètre puis en lui donnant une légère secousse, cette colonne promenée le long de la tige doit toujours occuper le même nombre de divisions et aussi la même longueur.

Thermomètre à alcool.

Le mercure se solidifiant à 40°, pour la mesure des températures basses, on construit couramment des thermomètres à alcool anhydre coloré en rouge avec de la teinture d'orseille afin de faciliter les lectures. Comme la dilatation de l'alcool

est environ sept fois plus grande que celle du mercure, o:
choisit des tubes thermométriques beaucoup moins capillaires
On soude une boule *a* ou un entonnoir à l'extrémité d'un te
tube afin de faciliter le remplissage (fig. 212).

Le tube n'étant plus capillaire, il suffit pour le remplir de
dilater l'air du réservoir en chauffant ce dernier avec une
lampe à alcool, de renverser alors l'appareil en plongeant l'ex-

Fig. 212. Fig. 213.

trémité ouverte dans l'alcool. On redresse l'instrument, on chauffe, l'air resté s'échappe en traversant l'alcool de la boule. On recommence cette opération jusqu'à remplissage définitif.

Un procédé plus rapide pour le remplissage consiste à faire le vide dans le tube thermométrique (fig. 213).

Un flacon contenant de l'alcool est relié à la trompe par un tube *a*, le tube à remplir traverse le bouchon du flacon et plonge dans de l'alcool. On fait alors le vide ; l'air du tube thermométrique est aspiré et traverse l'alcool. Quand il ne passe plus d'air on enlève le caoutchouc qui relie la trompe au tube *a*, l'alcool remplit alors toute la tige.

La graduation se fait comme celle des thermomètres à mercure.

Graduation du thermomètre.

Pour graduer un thermomètre on commence par déterminer les points d'affleurement du mercure correspondant à deux températures maintenues rigoureusement fixes, 100° et 0° par exemple.

Pour avoir le point 100° on plonge l'appareil dans de la vapeur d'eau bouillante. On peut se servir pour déterminer les

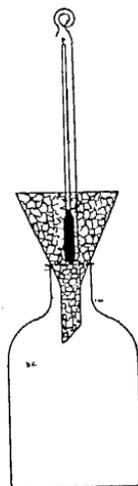



Fig. 214. Fig. 215.

points d'ébullition du ballon de Berthelet (fig. 214) ou d'un appareil analogue; dans la pratique on se sert d'un vase en métal.

Lorsque après avoir fait glisser le thermomètre dans son bouchon afin d'entrevoir le ménisque mercuriel, on constate que le sommet de la colonne liquide reste immobile au même endroit de la tige on marque cette dernière d'un trait de lime par exemple, c'est le point de repère correspondant au degré 100° du thermomètre.

Pour fixer le point 0° on plonge le thermomètre dans de la

glace fondante placée dans un vase percé à sa base pour l'écoulement de l'eau, par exemple un entonnoir placé sur un flacon (fig. 215). Dans la glace pilée très finement on place le thermomètre de manière que la colonne de mercure soit entièrement plongée dans la glace. Lorsque après avoir soulevé plusieurs fois l'appareil on constate que le sommet de la colonne de mercure reste à un point fixe, on tire à cet endroit, un trait ce sera le point 0° du thermomètre. Avec le contrôle d'un thermomètre étalon on prend de même les points 25°, 50°, etc.

Les points de repère 0°, 25°, 50°, 100°, par exemple, ayant été pris et marqués chacun d'un trait de lime, on recouvre alors toute la tige d'un verni. Puis la graduation totale est faite à la machine à diviser ou à défaut à la main. On prolonge les divisions toujours à la même échelle au-dessus de 100° et jusqu'au haut de la tige, et s'il y a lieu au-dessous de 0° aussi.

On détermine le point 0° par immersion dans la glace fondante. On détermine les autres points 25°, 50°, 100° par comparaison avec un thermomètre étalon dans un bain d'eau à température constante. Il ne reste plus dès lors qu'à diviser en parties de longueurs égales les intervalles ainsi marqués ; chacun d'eux constitue un degré du thermomètre.

Aéromètres.

Les aéromètres sont des appareils destinés à déterminer rapidement la concentration des solutions. Ils sont constitués par un cylindre A soudé à un tube de verre B d'un diamètre plus petit et d'une longueur égale à celle du cylindre A.

B

A

C

Fig. 216.

CONSTRUCTION. — On prend un cylindre A (fig. 216) de dimension plus ou moins grande suivant l'appareil que l'on veut construire, on y soude une tige B, on pratique sur le cylindre A une petite ampoule C destinée à contenir le plomb ou le mercure lestant l'appareil.

Pour que l'appareil conserve bien sa position verticale dans le liquide, il est nécessaire que le tube B soit en *verre très mince.*

Graduation d'un aréomètre pour liquides plus denses que l'eau.

Après avoir fermé la pointe C, on plonge l'appareil dans de l'eau pure à 12° et par tâtonnement on le surcharge avec du mercure ou des grains de plomb de manière qu'il soit presque complètement immergé. Pour cela on verse peu à peu dans l'appareil les grains de plomb qui s'accumulent dans l'ampoule.

Quand la tare est suffisante, avec un petit tampon de coton, l'on bouche l'orifice de l'ampoule.

Pour lester l'appareil avec du mercure, on peut opérer ainsi qu'il suit. Pour déterminer la quantité de lest à utiliser, on versera très lentement, comme plus haut, du mercure dans le cylindre, jusqu'à effleurement de l'eau au sommet de la tige. Ensuite ayant recueilli à part le mercure on ferme l'appareil E, on le retourne (fig. 217) et on introduit le mercure dans la petite ampoule C qu'on ferme alors à la lampe en supprimant la pointe D.

D
C
E
A
B

Fig. 217.

Après refroidissement on remet l'aéromètre dans l'eau pure. L'appareil ne doit guère être plus léger qu'auparavant, puisque l'on a eu soin que la pointe de verre enlevée lors de la fermeture en D ne soit que d'un poids négligeable. On marque d'un trait le point d'affleurement qui sera le zéro. On plonge ensuite l'aréomètre dans une solution de sel marin contenant 15 parties de chlorure de sodium pur et sec et 85 parties d'eau pure à 12°, au point d'affleurement on marque 15°. On relève sur une petite bande de papier la longueur 0°, 15° et on divise cet intervalle en 15 parties égales ou degrés, on peut prolonger les divisions jusqu'au bas de la tige. Cette graduation sur papier est alors introduite dans la tige et fixée

par un petit bout de cire, de façon que les traits 0 et 15 correspondent aux traits de repère fournis par l'expérience. On ferme l'extrémité de la tige B, à la lampe.

Graduation d'un aréomètre pour liquides moins denses que l'eau.

On leste l'appareil pour qu'à 12° dans l'eau salée à 10 p. 100 10 parties de chlorure de sodium pur et sec et 90 parties d'eau pure), l'affleurement se fasse au bas de la tige ; en ce point on marque zéro. On plonge ensuite l'aréomètre dans l'eau pure, au point d'affleurement on marque 10°. Sur une bande de papier on relève cet intervalle qui sera divisé en 10 parties égales. Comme il est indiqué plus haut, on prolonge la graduation. La bande placée dans la tige B est fixée à la cire.

Fig. 218.

Alcoomètre.

Un alcoomètre est un appareil destiné à indiquer la richesse en alcool d'un mélange d'alcool et d'eau.

Cet appareil ne diffère pas de l'aréomètre comme construction.

Graduation. — On plonge l'appareil dans de l'alcool à 100°, on le surcharge de mercure ou de plomb, de manière qu'il s'enfonce jusqu'au sommet de la tige, au point d'affleurement on marque 100° (fig. 218). On fait ensuite une solution contenant 95 volumes d'alcool pur et 5 volumes d'eau, on porte l'appareil dans cette solution, au point d'affleurement on marque 95°, on fait une autre solution contenant 90 volumes d'alcool par exemple, on reporte l'appareil dans cette solution, on marque 90° au point d'affleurement, et ainsi de suite de 5° en 5°. Sur la bande de papier on relève ces

points de repères, les intervalles sont partagés en 5 parties égales. La bande de papier est introduite dans la tige et fixée à la cire. On ferme l'appareil comme s'il s'agissait d'un aréomètre.

On peut aussi par comparaison avec un bon alcoomètre, construire d'autres alcoomètres en pesant le même mélange alcoolique avec les deux alcoomètres. Deux expériences suffisent à l'établissement de l'échelle.

Baromètre.

Le baromètre est un appareil donnant à chaque instant la valeur de la pression atmosphérique. Il fut inventé par Toricelli en 1643.

Le baromètre à cuvette (fig. 163) se construit de la façon suivante, on prend un tube à parois épaisses (de 7 à 8 millimètres), d'une longueur de 84 à 85 centimètres fermé à une extrémité, portant une boule B à l'autre extrémité.

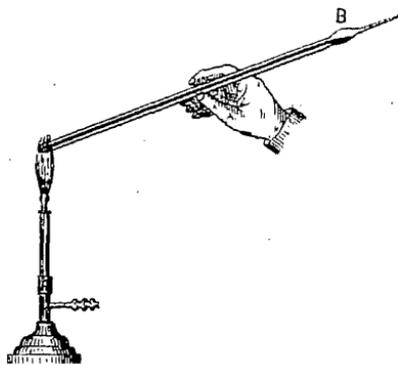



Fig. 219.

Le tube étant rempli de mercure très propre, on le chauffe doucement et progressivement sur toute sa longueur, au moyen d'un bec Bunsen brûlant en flamme éclairante (fig. 219), ou mieux d'une lampe à alcool.

On peut aussi chauffer ce tube dans une gouttière (fig. 220) en tôle inclinée, au moyen de charbons de bois incandescent que l'on place autour du tube, en commençant par la base du

Fig. 220.

tube et en avançant au fur et à mesure que l'air se déplace. L'air étant complètement chassé on se débarrasse de la boule B. On a soin de remplir complètement le tube avec du mercure propre, on ferme l'appareil avec le doigt, et on le retourne brusquement sur une cuve à mercure en retirant rapidement le doigt. Après plusieurs oscillations, le sommet de la colonne mercurielle reste en équilibre à environ 760 millimètres au-dessus de la surface du mercure dans la cuve.

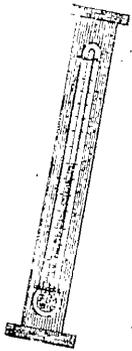



Fig. 221.

On a préparé d'autre part un vase qu'on remplit de mercure. On plonge l'extrémité du tube barométrique dans ce flacon. Le tout est ensuite disposé sur une planchette (fig. 221). Pour permettre la lecture de la pression, on dispose à côté de l'appareil une règle graduée en centimètres et en millimètres et qui porte à sa base une pointe d'ivoire, matière inattaquable par le mercure. Pour lire la pression, on fait glisser cette tige graduée de manière que l'extrémité de la pointe d'ivoire vienne exactement au contact de la surface libre du mercure.

Baromètre à siphon. — Le baromètre à siphon consiste en un tube recourbé en U à branches inégales. La grande branche est fermée à son extrémité.

Construction. — Après avoir rempli de mercure la grande

branche A (fig. 222) jusqu'à la courbure et chauffé progressivement, au moyen d'un bec Bunsen brûlant en veilleuse, ou mieux au moyen d'une lampe à alcool, sur toute la longueur occupée par le mercure, en déplaçant le chauffage vers le haut à mesure que l'air en a été chassé, ce que l'on constate par le choc du mercure quand il reprend sa place, on retourne alors l'appareil, la petite branche B étant toujours disposée en dessus pour éviter toute rentrée d'air. Le mercure s'abaisse dans la grande branche A et monte légèrement dans la branche B; la distance verticale des deux niveaux donne la pression barométrique.

Fig. 222.

Baromètre à cadran. — Le baromètre à cadran, surtout employé dans les appartements, est un baromètre à siphon. Il se compose d'une planchette d'au moins 85 centimètres de hauteur qui soutient et dissimule le baromètre à siphon (fig. 223). Cette planchette est munie en

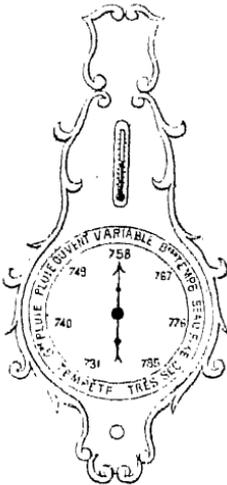



Fig. 223.

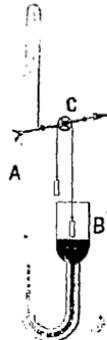



Fig. 224.

son milieu d'un cadran et d'une aiguille mobile placée sur

l'axe d'une poulie. Sur la surface libre du mercure, dan
branche B, flotte un petit tube de verre lesté avec du merc
et relié à un fil qui passe dans la gorge de la poulie c du cadı
Ce fil est tendu à son autre extrémité par un contrepoïds cc
titué par un petit tube également lesté avec du mercure, n
d'un poids très légèrement inférieur au précédent (fig. 2:
Quand la pression atmosphérique varie, le niveau du merc
dans la petite branche se déplace en entraînant le petit f
teur. Ce dernier transmet son mouvement à l'aiguille du cad
qui indique la pression atmosphérique et le temps.

Ces indications du temps correspondent pour notre rég
aux hauteurs barométriques suivantes :

Très sec.	785	Pluie ou vent.	749
Beau fixe.	776	Grande pluie.	740
Beau temps	767	Tempête.	731
Variable.	758		

Flacon à densité.

Le flacon pour déterminer la densité des liquides est
verre mince et se compose d'un entonnoir réuni au tube rés
voir par un tube capilla
soudé. L'entonnoir est fer
par un bouchon rodé (fig. 22

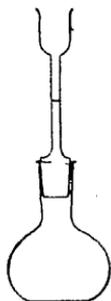



Fig. 225. Fig. 226.

Gravure. — On recouvre
partie capillaire de vernis (v
Vernis pour gravure). On tra
sur ce vernis un trait circ
laire au moyen d'une poir
métallique par exemple et
grave ce trait.

**Flacon à densité pour l
corps solides.** — On souffle
petit ballon que l'on aplatit à sa partie inférieure (fig. 2:
(voir Ballon à fond plat).

Le col du ballon reçoit un bouchon creux rodé et surmonté d'un tube capillaire portant un entonnoir rodé et bouché (voir Rodage).

Le point de repère se trouve toujours placé sur la partie capillaire.

Fermeture hermétique au mercure.

Un appareil à obturation liquide est quelquefois nécessaire, dans le cas de l'agitation d'un liquide à l'abri de l'air par exemple.

L'appareil comprend (fig. 227) : 1° la partie *a* consistant en

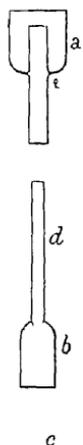
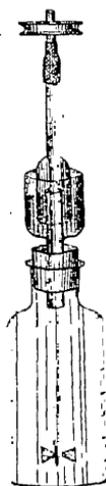



Fig. 227. Fig. 228.

une sorte de coupe avec double soudure (voir Soudure interne) dans laquelle viendra s'emboîter 2° la partie *b* comportant elle aussi une soudure interne, sur laquelle sera placé les hélices, cette partie *b* est prolongée par un tube *d* sur lequel sera posée la poulie motrice, à l'extrémité du tube *c* sera

placée une hélice à 3 ou 4 branches destinée au brassage. I mercure sera placé dans l'entonnoir *a*.

La figure 228 montre l'ensemble et la disposition de l'ap pareil.

Pulvérisateurs.

Le principe est le même que celui des trompes à eau ou mercure. Leur construction est aussi facile. En regard d l'étroit orifice de sortie du fluide, se trouve un tube plongeai dans le liquide à pulvériser.

L'écoulement rapide du fluide provoque en A, par entraîn ment mécanique de l'air ambiant, un vide local qui fait mont

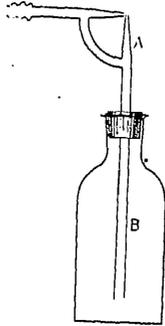
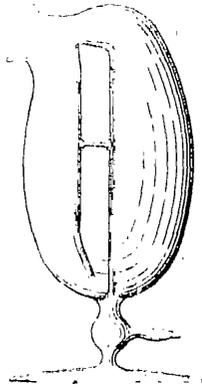



Fig. 229. Fig. 230.

le liquide de B en A. De là le liquide est entraîné en pluie par le fluide en mouvement (fig. 229).

Ce dispositif peut être soudé dans un vase, comme le montre la figure 230.

Pour que l'appareil fonctionne bien, il est nécessaire que le sommet de pointe A se trouve le plus exactement possible au milieu de l'ouverture de la pointe d'arrivée d'air C.

Construction (fig. 231). — On prend un tube A d'un diamètre de 6 à 7 millimètres intérieur qu'on étire à son extrémité, on opère de même avec un tube B de même diamètre, mais un peu plus court. On relie ensuite ces deux tubes A et B, par un tube de verre C soudé à ses deux extrémités et fermé en son milieu. On amène les orifices des deux tubes en face l'un de 'autre, en pliant plus ou moins le tube C. On place l'appareil

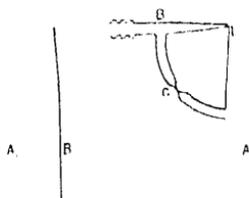
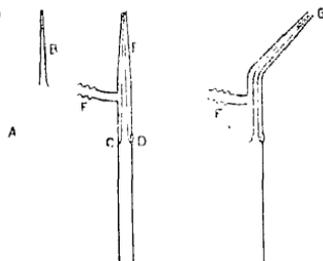



Fig. 231. Fig. 232.

sur un flacon et on l'essaie. Par chauffage du tube C, on fait varier la distance des extrémités des tubes A et B jusqu'à l'obtention d'un bon réglage.

Un autre système (fig. 232) un peu délicat à construire, donnera aussi de bons résultats.

Construction. — On prend un tube A de 7 à 8 millimètres de diamètre, qu'on étire à son extrémité. On prépare un tube de moindre diamètre B, également étiré de façon que la pointe puisse s'introduire jusqu'à l'extrémité du tube A.

On pratique la double soudure en C, on fait un trou D très près de cette soudure. On fait la soudure latérale E. Il n'y a plus qu'à plier la pointe F dans une flamme éclairante en prenant quelques précautions pour que les tubes ne se soudent pas entre eux.

A l'aide d'un bouchon placé dans l'intervalle D, E, on fixera l'appareil sur un flacon. En soufflant par E, on produira l'ascension du liquide qui s'échappera par l'extrémité G en pluie fine.

Tube de Geissler simple.

Le tube de Geissler (fig. 233) est un appareil à électro
destiné à être placé sur une machine pneumatique, tromp
mercure, pompe à mercure, ou tout autre appareil avec leq
on fait le vide.

Avec cet appareil relié électriquement par ses électro
avec une source de courant, on s'assure du degré de vide d
le récipient.

Tant que le vide n'est pas complet, l'étincelle donne d'ab
des stratifications, séries de bandes alternativement obscu

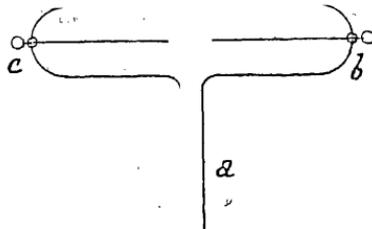



Fig. 233.

et lumineuses, puis avec le vide plus grand, une lueur c
fuse, enfin pour un vide de l'ordre du millionnième de mi
mètre de mercure, le courant électrique ne passe plus, auc
phénomène lumineux n'est alors observé.

Cet appareil a la forme d'un tube en T (fig. 173), il se co
pose d'un tube de 16 à 18 millimètres de diamètre, d'une l
gueur de 15 centimètres environ et d'un tube de 5 à 6 mi
mètres de diamètre et de 8 à 10 centimètres de long, soudé
milieu ; ce tube est destiné à être soudé sur l'appareil à vi

La construction est des plus facile, on prend tout d'abord
tube des dimensions indiquées plus haut et on l'étire à s
deux extrémités, puis l'on y soude en son milieu le tube
communication *b*. Puis on ferme en *c* comme pour un tub
essais, on prépare le fil de platine qui doit avoir 3 à $\frac{4}{10}$

millimètre, sur le milieu de la longueur duquel on a coulé une perle du même verre ; on fait alors en *c*, par un pétard par exemple, une ouverture de la grandeur de la perle préparée. On introduit alors dans l'intérieur de l'appareil le fil de platine, de manière que la perle adhère sur toute sa circonférence, on soude et on régularise cette soudure en soufflant par *a*. On continue en *b*, l'appareil affecte finalement la forme définitive. Le tube de Geissler est alors prêt à être soudé sur l'appareil à vide, afin d'indiquer à chaque instant le degré de vide.

Pipettes.

La pipette peut être à un seul trait à écoulement libre. Le volume indiqué est celui qui correspond au volume du liquide qui s'écoule librement de la pipette, le liquide affleurant avant l'écoulement au trait de repère.

Fig. 234. Fig. 235. Fig. 236.

La pipette droite (fig. 234) est constituée par un tube de 8 à 9 millimètres de diamètre, légèrement effilé à sa partie inférieure.

La pipette à réservoir (fig. 235) se compose d'un cylindre

d'un diamètre de 15 à 20 millimètres environ, étiré à son extré mité et sur lequel on a soudé un tube de verre de 7 à 8 milli mètres de diamètre et d'une longueur appropriée à la capacité du réservoir.

La pipette peut être à deux traits ; dans ce cas, le volume contenu entre ces deux traits constitue le volume jaugé.

Jaugeage des pipettes. — La pipette étant construite, on doit procéder au nettoyage intérieur de l'appareil, et faire disparaître toute trace de graisse ou matière étrangère qui pourrait retenir de l'eau.

Tout d'abord la pipette sera soigneusement lavée à l'eau de savon, puis avec un mélange d'eau et d'acide sulfurique, ensuite avec un mélange d'acide sulfurique et d'acide chromique, et enfin avec de l'eau distillée. On colle sur la tige une bandelette de papier sur laquelle on trace deux traits A, B (fig. 236). On aspire de l'eau, jusqu'au trait A, on laisse écouler cette eau dans un vase taré qu'on pèse très exactement. On trouve un certain poids, soit dans notre exemple 18gr,905.

Nous opérons à 10°, nous consultons la table de Schlösser ci-dessous qui nous donne pour 20 centimètres cubes à la température de 10° le poids de 19gr,97.

On aspire ensuite de l'eau jusqu'au niveau B, on laisse écouler cette eau dans un vase taré et on pèse, on trouve par exemple 19gr,815.

On mesure la distance entre A et B, soit 40 millimètres. On calcule la différence de poids entre les deux traits, soit ici 19gr,815 — 18gr,905 = 0gr,91.

Les 0gr,91 occupent donc une longueur de 40 millimètres. La différence entre le poids d'eau contenu jusqu'au trait A et le poids d'eau qu'il faut pour 20 centimètres cubes est de 19gr,97 — 18gr,905 = 1gr,065.

Il nous est facile de trouver la hauteur que doit occuper le trait de la burette par le simple raisonnement suivant.

Si pour contenir 0gr,91 d'eau il faut une longueur de tige A et B, soit 40 millimètres.

Pour contenir 1gr,065 il faut $\frac{40 \times 1,065}{0,91} = 46^{mm},8$.

POIDS DU LITRE D'EAU A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES, PAR SCHÖLSSER

TEMPÉRATURE	POIDS	TEMPÉRATURE	POIDS
Degrés.	Grammes.	Degrés.	Grammes.
10	998,5	21	997,1
11	998,4	22	996,9
12	998,4	23	996,7
13	998,3	24	996,4
14	998,2	25	996,2
15	998,0	26	996,0
16	997,9	27	995,8
17	997,8	28	995,6
18	997,6	29	995,3
19	997,5	30	995,0
20	997,3		

Jaugeage d'une fiole.

Soit à jauger une fiole de 100 centimètres cubes, on commence par la nettoyer à l'acide chromique, puis à l'eau distillée, puis on la sèche à l'étuve, dans aucun cas il ne faut chauffer la fiole à la flamme car elle changerait de volume. On prend la température de l'eau distillée qu'on a laissée dans le laboratoire, soit 18° la température de l'eau, dans la table on voit qu'à cette température 100 centimètres cubes d'eau pèsent 99gr,76. Sur l'un des plateaux d'une très bonne balance, on met la fiole sèche et à côté les 99gr,76, sur l'autre plateau on met des poids afin d'établir l'équilibre, lorsque celui-ci est obtenu on enlève les 99gr,76 et on rétablit l'équilibre en versant de l'eau dans la fiole ; pour les dernières gouttes à verser on peut se servir d'un tube capillaire. On met une bande de papier au niveau de l'eau, on enduit de paraffine ou de vernis, puis on trace un trait sur toute la circonférence du col de la fiole, avec une pointe métallique quelconque, et on grave à l'acide fluorhydrique.

Pipette automatique pour la répartition des milie de culture, par H. Cardot et H. Vigreux.

(Extrait du *Bulletin de Biologie*, 1918.)

Au cours de recherches relatives à l'antisepsie, M. H. Car s'est rendu compte de l'intérêt que présenterait, pour la ma pulation des liquides de culture, une pipette automatique p vant supporter la stérilisation à l'autoclave, à l'inverse appareils utilisés dans les laboratoires, et qui comportent t des bouchons et des poires de caoutchouc.

En collaboration avec M. Cardot, je me suis donc prop d'établir un modèle entièrement en verre. L'appareil qui a réalisé, pendant la guerre, au laboratoire de M. le profess Richet peut supporter sans dommage des passages répét l'autoclave, et par suite peut être utilisé pour la réparti en tubes d'un liquide stérile, ou d'une culture, les chances contamination étant réduites au minimum. Il se compose c ballon (figure 237) muni d'un tube axial à entonnoir et por latéralement un tube, qui aboutit à un robinet R à deux v parallèles. Ce robinet permet soit de mettre le ballon en c munication avec la pipette A, d'une contenance de 10 ce mètres cubes et terminée par un fin tube recourbé *a* perc son extrémité d'un petit orifice, soit de relier la pipette tube d'écoulement B. Le liquide est introduit dans le bal posé sur son fond, à l'aide du tube à entonnoir, le robinet é placé de façon à permettre l'échappement de l'air par le t latéral et la pipette. Ayant pris soin de boucher à l'ouate l fice de l'entonnoir et celui du réservoir C dans lequel plc le tube terminal de la pipette, on porte l'appareil à l'autoc sans déplacer le robinet qui met en communication a l'extérieur, la masse d'air renfermée dans le ballon, par l'ir médiaire de l'orifice terminal de la pipette.

Pour répartir le liquide après stérilisation, il suffit, ayant tourner le robinet de 180°, de placer le ballon sur un sup dans la position indiquée par la figure. En ramenant le rob

dans la position primitive, on détermine l'écoulement du liquide dans la pipette, lorsque celle-ci est pleine, le liquide continue à s'écouler par l'orifice terminal, fonctionnant comme trop-plein et s'accumule dans le réservoir C. Par une rotation de

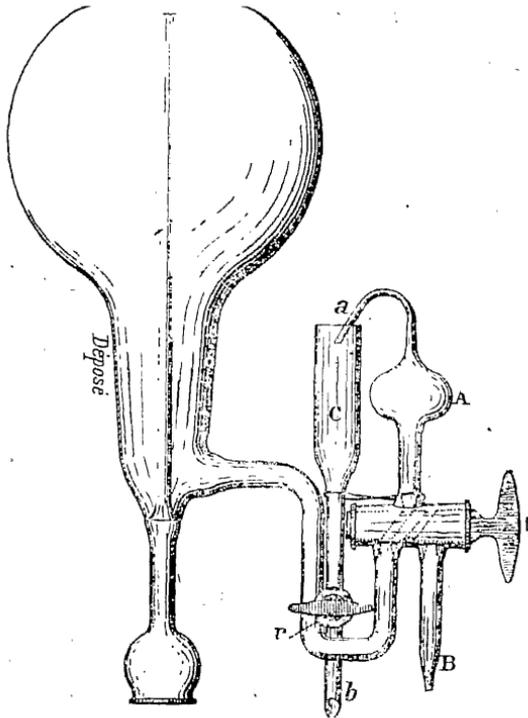



Fig. 237.

180° du robinet R le contenu de la pipette s'écoule par le tube B. La répétition de cette manœuvre très simple permet de répartir avec une grande rapidité le liquide par 10 centimètres cubes dans une série de tubes préalablement stérilisés. La perte due au fonctionnement du trop-plein est minime; le liquide accumulé dans le réservoir C peut être évacué de temps en temps par le tube à robinet *r*.

Cet appareil trouve également son emploi lorsqu'on se propose de suivre la marche d'une fermentation, dans ce cas la semence est introduite par le tube à entonnoir dans le milieu de culture, et le ballon est placé à l'étuve dans la position représentée sur la figure. Une simple manœuvre du robinet R permet de faire, aussi souvent qu'on le désire, un prélèvement de la liqueur fermantante dans des conditions qui permettent d'éviter une contamination du milieu. Aussi semble-t-il que cette pipette automatique stérilisable d'un maniement très simple et d'une réalisation facile, est susceptible d'être utilisée avantageusement en microbiologie.

Machine à diviser.

La machine à diviser (fig. 238) se compose essentiellement d'une vis micrométrique V qui actionne un écrou mobile. Le cylindre de la vis est maintenu par ses deux extrémités entre deux colliers dans lesquels il tourne. La rotation de la vis se fait à l'aide d'une manivelle reliée à la tête de vis. On lit les angles de rotation à l'aide d'un disque à limbe divisé O, tournant avec la vis devant un index.

Ne pouvant tourner avec la vis, l'écrou est forcé d'avancer ou de reculer suivant le sens de la rotation.

Le pas de vis étant de 1 millimètre et le cercle étant divisé en 100 parties, on déplace l'écrou de $\frac{1}{100}$ de millimètre par division. A l'écrou est fixé un chariot d'acier E qui se déplace avec lui en glissant sur le cadre *cc'*.

P_1 représente le burin, c'est-à-dire l'outil qui sert à tracer les divisions.

Supposons que l'on ait à diviser un tube de verre en 10 parties égales, on commence par le disposer parallèlement à la vis micrométrique V, puis on compte le nombre de tours et de centièmes de tours nécessaires pour faire marcher la pointe du burin entre les points extrêmes ; on a fait, par exemple, 100 tours plus 50 centièmes de tour.

La distance entre les deux extrémités est donc de 100^{mm},50,
ur avoir 10 divisions égales, il faudra donc buriner un trait
aque fois qu'on aura fait $\frac{100,50}{10}$ ou 10,05, ou 10 tours et
centièmes de tour à partir de l'un des traits extrêmes.

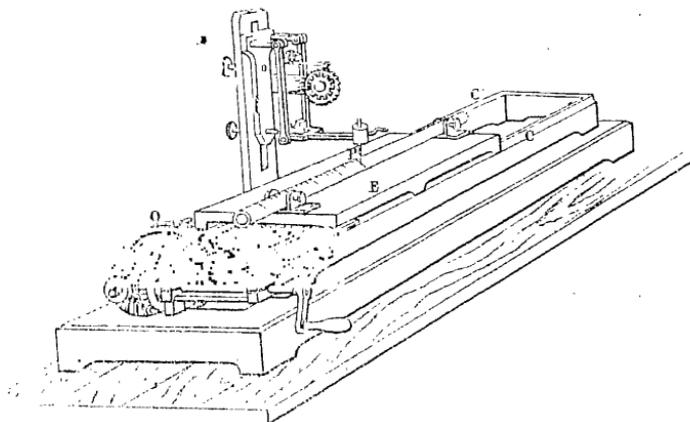



Fig. 238.

Soit à tracer des divisions de longueurs de 1 centimètre, par
xemple, on burinera un trait chaque fois qu'on aura fait
0 tours.

Pour mesurer la distance entre deux traits, on comptera le
ombre de tours et de fractions de tours nécessaires pour
vancer le burin d'un trait à l'autre.

Par exemple, si l'on trouve 10 tours et $\frac{20}{100}$ de tours, la dis-
ance sera de 10^{mm},2.

Uréomètre de M. Fréjac.

Cet appareil (fig. 239) peut être construit facilement avec
une burette de Mohr cassée, comme tube mesureur. Le tube
aboratoire se compose de deux poches contenant les liquides

qui doivent ultérieurement réagir l'un sur l'autre. construire, il suffit d'étirer et de courber légèremen d'assez gros diamètre fermé à l'une de ses extrémit de souder un tube sur la courbure, enfin de fermer la de poche. On soude alors le tube de dégagement, recou le col au laboratoire et à l'extrémité du tube gradué.

Le col est fermé avec un bouchon-robinet rodé ou veut éviter le rodage, à l'ai bouchon de caoutchouc poı tube de dégagement, et f l'aide d'un morceau de tı caoutchouc et d'une bagu verre plein. Le bouchon se mener l'appareil au zéro a remplissage.

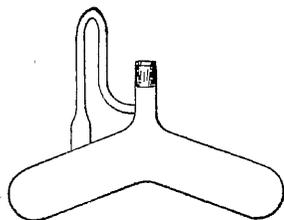



Fig. 239.

Un bouchon de liège fixé tube de dégagement, per manipuler l'appareil sans l fer avec la main.

Pour l'usage le tube est dans une grande éprouvett d'eau, le niveau de l'eau af au zéro, avec une pipette troduit le liquide à titre réactif dans chacune de poches, on bouche l'appa l'on ramène l'appareil au zé en tournant le bouchon-robinet, soit en pinçant le caou qui agit comme dans les burettes de Mohr à billes d On soulève alors l'appareil, on l'agite, puis on mesure l gement gazeux.

On peut l'employer comme uréomètre, comme car mètre, etc. Les dimensions à lui donner dépendent de que l'on veut en faire et des quantités de réactif et de à titrer que l'on désire employer. Il présente, outre plicité, l'avantage de pouvoir être entièrement immer l'eau. Cet appareil est très pratique.

Mesure de vitesse des gaz à travers un tube capillaire.

Cet appareil (fig. 240) est basé sur la résistance qu'oppose un tube capillaire au passage d'un courant gazeux. On sait que la vitesse d'écoulement d'un gaz à travers un capillaire est proportionnelle à la différence de pression, aux deux extrémités du capillaire à la 4e puissance du diamètre et inversement proportionnelle à la longueur du tube et au coefficient de viscosité du gaz (loi de Poiseuilles). Il se compose d'un tube en U formant manomètre et d'un tube capillaire fixé par du mastic Golaz aux extrémités du tube en U. Pour des vitesses de 20 à 30 litres le tube capillaire doit avoir 1 millimètre de diamètre et $0^m,80$ de longueur. Pour des vitesses plus fortes, il suffit de diminuer la longueur du tube proportionnellement aux vitesses que l'on désire employer ; ainsi pour des vitesses de 100 litres à l'heure, il faudrait un tube de $0^m,16$. Le manomètre doit être rempli d'eau ou d'huile de vaseline, si le gaz est soluble dans

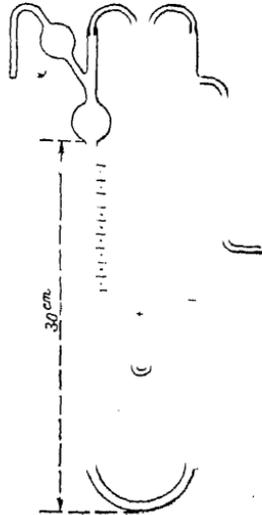



Fig. 240.

l'eau. L'appareil est monté sur une planchette et du papier au millimètre collé derrière le tube suffit pour diviser le manomètre. L'appareil est gradué une fois pour toutes avec le gaz que l'on désire employer, et l'on dresse une courbe de correspondance. La graduation doit être faite pour chaque gaz ou mélange gazeux ; elle se fait très rapidement, en faisant suivre l'appareil d'une cuve à eau, et en déterminant le temps nécessaire pour remplir un flacon jaugé d'un litre.

Pour les petites vitesses, la courbe est une droite et il suffit de déterminer trois points seulement ; pour les vitesses 80-

100 litres à l'heure et au-dessus, la courbe s'incline vers le bas à sa partie supérieure, et il est nécessaire de déterminer un plus grand nombre de points. Pratiquement il est inutile de tenir compte de l'influence de la température sur le coefficient de viscosité.

La construction de cet appareil est simple.

Coton de verre.

Pour obtenir un fil de verre, on expose au chalumeau, une baguette de verre (cristal de préférence), on fixe l'une des extrémités sur un dévidoir ou rouet tournant à une très grande vitesse (voir figure n° 21) ; on obtient en très peu de temps un écheveau de verre très fin.

Le coton de verre est employé en chimie pour les filtrations de divers liquides attaquant le papier ; on se sert aussi du fil de verre combiné à la soie, pour faire des tissus d'ornement.

FABRICATION DU THERMOMÈTRE MÉDICAL A « MAXIMA »

LE THERMOMÈTRE MÉDICAL

Les thermomètres médicaux peuvent se diviser en deux catégories : ceux gradués sur tiges et ceux dont la graduation est établie sur une échelle qui est rapportée le long de la tige thermométrique et protégée par une enveloppe ou chemise.

La pratique paraît avoir consacré l'usage des appareils de la dernière catégorie, qui offrent d'ailleurs le plus d'intérêt au point de vue du travail du verre. Avant la guerre, ces thermomètres étaient exclusivement fabriqués en Thuringe. En Angleterre et en Amérique on en fabriquait de la première catégorie, mais en quantité fort minime. On pouvait considérer la fabrication du thermomètre médical comme un monopole de l'Allemagne. Cela était d'autant plus regrettable que le principe du thermomètre médical à maxima le plus répandu est d'origine française.

Aussi, peu après le début de la guerre, l'achat par l'armée les stocks disponibles épuisa vite les réserves du commerce. l fallait continuer à s'alimenter en Suisse, en Amérique, en Angleterre, en types peu pratiques, de qualité irrégulière et à les prix exagérément élevés.

En 1916, le Sous-secrétariat d'Etat du Service de Santé fit procéder à l'étude de la question et organiser la fabrication. l installa rapidement au fort de Vanves, un atelier modèle, parfaitement outillé pour un travail aussi délicat, et en tenant compte de toutes les données modernes et scientifiques. Un matériel entièrement original, spécialement adapté à ce genre l'industrie, y est utilisé.

Cet atelier contribue non seulement à l'approvisionnement lu Service de santé de l'armée, mais constitue encore un centre d'instruction et d'éducation professionnelles. C'est au cours des leçons données dans cet atelier, que nous avons pu nous initier à la fabrication des thermomètres médicaux et recueillir les documents qui nous ont permis d'exposer le plan le cette fabrication. Nous ne pourrons d'ailleurs la décrire que succinctement. Il serait désirable qu'un ouvrage spécial fut consacré à la fabrication du thermomètre en général et notamment du thermomètre médical, dont la fabrication exige à la fois de la science, de l'art et de la précision.

FABRICATION DU THERMOMÈTRE MÉDICAL A ÉCHELLE PROTÉGÉE

Les organes nécessaires sont constitués par :

1° Un tube rond ou ovale ; 2° une tige creuse capillaire de section circulaire ; 3° une tige creuse capillaire de section prismatique et à fond coloré autant que possible.

Il est inutile d'insister sur le fait que les matières premières devront être faites avec un verre de qualité convenable et dont le travail moléculaire sera minimum.

La fabrication se divise en douze phases principales :

A. SOUFFLAGE. — 1° *Calibrage des tiges creuses capillaires de section prismatique*. — Ces tiges de 1 à 2 millimètres de

dimension dans le plus grand axe, ont un trou ovale, dont les dimensions des axes sont environ de 3 à 6 et 6 à 12 centièmes de millimètres pour obtenir le thermomètre médical de dimensions courantes, c'est-à-dire d'environ 13 centimètres de lon-

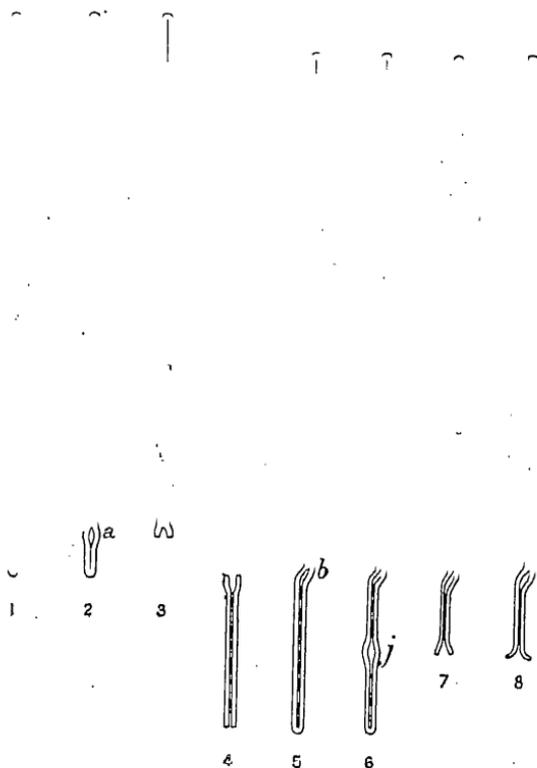



Fig. 241.

gueur totale. Elles sont livrées par longueur de 50 à 65 centimètres. On s'assure que les trous sont réguliers et que la visibilité de la colonne mercurielle sera bonne. On série les tiges en réunissant celles de même valeur, c'est-à-dire celles ayant donné à l'examen microscopique des axes de mêmes dimensions, ou dont on aura établi la valeur par la force ascen-

ionnelle de l'alcool pendant un temps donné. Des jauges eront déterminées pour donner ultérieurement à chaque éservoir le volume correspondant à la dimension de chaque série de tiges. Le capillaire débité en morceaux de 12 à 13 centimètres de long est alors bien desséché et fermé à ses deux extrémités.

2° *Soudure de la tige creuse prismatique avec la tige creuse ronde.* — On chauffe la tige prismatique sur la moitié de la longueur afin de faire dilater l'air intérieur. Une extrémité est alors portée au rouge. Sous l'influence de la pression de l'air une olive se forme en *e* (fig 241, n° 2). Le tube est coupé à la hauteur de la partie médiane de cette olive.

D'un autre côté, on a préparé de la même façon une tige creuse capillaire cylindrique, de 2 millimètres environ de diamètre, et les deux tiges sont soudées grâce aux deux lumières dilatées. Puis avant que la soudure ne soit solidifiée, on donne la forme en « baïonnette » (n° 5). Une seconde olive est faite en *j*, (n° 6) et le tube est sectionné et évasé comme l'indique les nos 7, 8′.

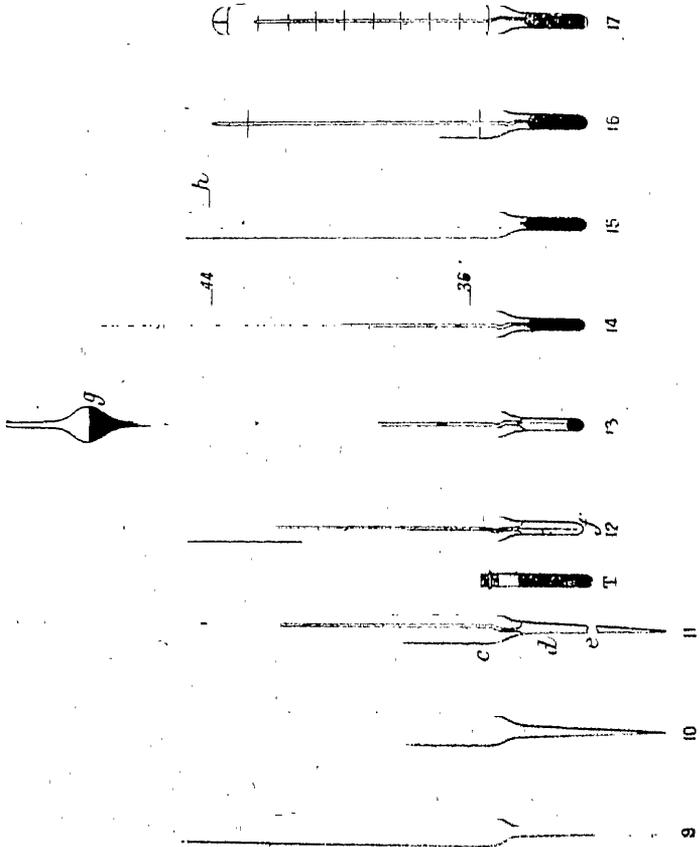
3° *Préparation de l'enveloppe ou chemise.* — Le tube rond ou ovale 9 est débité en tronçons de 26 centimètres; chaque longueur, étirée dans son milieu. donnera deux appareils.

Puis, après avoir fait un étranglement, on souffle et étire la partie comprise entre l'étranglement et la pointe. On obtient ainsi l'ébauche du réservoir 10, figure 242.

4° *Montage, par double soudure, de la tige prismatique dans la chemise préparée précédemment et soufflage du réservoir.* — Introduire le capillaire 8′ dans l'enveloppe 11, de façon que le pavillon s'adapte aussi exactement que possible dans la partie étirée de la chemise à 1 centimètre de la partie rétrécie *c*. Chauffer de façon à bien mélanger les deux verres et former, avec le restant du verre, le réservoir *d*.

Cette partie cylindrique qui donnera le réservoir doit être soufflée en tenant compte des dimensions qu'aura le dit réservoir.

5° *Calibrage du réservoir.* — On a établi une série de jauges convenables correspondant à la valeur de chaque série de tiges

capillaires T. Pour le cas des thermomètres qui nous occu-
pent, (longueur d'échelle : 5 à 8 centimètres de 35° à 43°
avec 7 à 10 millimètres au degré), le volume du mercure

contenu dans le réservoir sera environ 6 000 fois plus grand
que celui contenu dans la longueur correspondant à 1° de la
tige.

La manipulation du mercure pour le jaugeage se fait à l'aide

de la petite pipette spéciale (fig. 243, n° 18). On limite alors le réservoir par étirage en *c*, endroit marqué par le jaugeage.

6° *Détermination et fixation de l'index obturateur*. — On prépare des filaments de verre qu'on obtient par un tirage conique. On réduit la pointe d'un de ces filaments à une longueur convenable jusqu'à ce qu'il vienne obturer l'espace capillaire de la portion de tige creuse, de section circulaire, en y pénétrant d'une longueur d'environ 1 à 2 millimètres.

On le fixe par soudure en *f* dans le fond du réservoir, qui est fermé du même coup (fig 12).

Cet obturateur bien placé, constitue une véritable soupape, qui lors de l'échauffement du réservoir permet au mercure de monter librement dans la tige capillaire creuse, mais lors du refroidissement, s'oppose au retour du mercure dans le réservoir et fixe la colonne au point maximum où elle s'était arrêtée.

Fig. 243.

Il faudra donc une force supplémentaire, provoquée par des secousses centrifuges, pour faire redescendre le mercure dans le réservoir.

7° *Dispositif pour le remplissage*. — On souffle une olive avec la partie du verre coupée sur le réservoir et soudée à l'extrémité du capillaire prismatique. On chauffe le tout pour chasser l'air et on ferme l'olive. Après refroidissement, il suffira de casser la pointe dans du mercure, (voir fig. 208) convenablement purifié, et celui-ci remplira partiellement l'ampoule. On retourne alors et ferme à nouveau à la lampe la partie effilée de l'ampoule *g*.

B. Remplissage. — 8° *Remplissage complet de tout le système avec du mercure et sectionnement de la tige capillaire à 44°*. — On centrifuge vigoureusement le système ci-dessus afin de faire descendre quelque peu de mercure dans le réservoir. On

chauffe alors le réservoir ainsi que toute la partie d
chemise protégeant la tige capillaire prismatique, jusqu'à
que les vapeurs de mercure en ébullition ne se condensent
dans celle-ci. On laisse refroidir et le réservoir se rempli
lui-même. On parfait le remplissage de tout le système
s'aidant alternativement de la chaleur, du froid, de secous
convenables et de la centrifugation.

On porte le thermomètre dans un bain à 44° et on sectio
la tige prismatique au-dessous de l'ampoule (n°14).

9° *Réglage du volume du mercure pour avoir les points et 42° aux points convenables de l'échelle et sectionnemen la tige capillaire dans l'intérieur de la chemise.* — On pr
alors les points 36° et 42° aux thermostats. On a jaugé
réservoirs de façon à avoir un volume de mercure plutôt
peu trop grand.

Le point 36° qui doit normalement se trouver à 1 centim
au-dessus de l'étranglement de l'enveloppe, sera génér
ment un peu trop haut.

On effile la tige prismatique le plus possible, sans l'obtu
à 2 centimètres (en *h*) environ à l'intérieur de l'envelo
(n° 15). On fait alors monter le mercure de façon à ce
dépasse l'étranglement de la hauteur dont on veut descer
le point 36°, et on sectionne au milieu de l'étranglement.

On aura ainsi purgé strictement l'excès de mercure
réservoir.

C. Graduation. — 10° *Détermination des points* 36° *et* 41°
On détermine alors les points 36° et 41° en plongeant les ther
mètres dans des thermostats dont les bains sont mainten
température rigoureusement exacte et constante, et l'on t
des repères à l'encre grasse sur la chemise (n° 16).

11° *Préparation de l'échelle, graduation, mise en place*
L'échelle d'aluminium ou d'opaline est convenablement cho
pour le calibre de l'enveloppe. Elle est divisée d'après
points de repère fournis par l'opération précédente. Puis
est chiffrée et enfin ajustée dans l'appareil 17.

12° *Fermeture de l'enveloppe.* — On procède finalement

meture par soudure, bouchage avec garniture ou tout autre yen, en ayant soin de maintenir l'échelle bien à sa place. l y a lieu de faire remarquer que les détails de ces phases ncipales sont fort nombreux. Il y a quantité de tours de ins auxquels il est bon de s'initier. Il ne faut pas se dissiler qu'une certaine pratique est nécessaire pour arriver à résultat.

DIVISION DES ÉCHELLES

Pour diviser les échelles on se sert d'une machine très nple basée sur les lignes proportionnelles.

Le schéma donné par la figure 244, montre le dispositif.

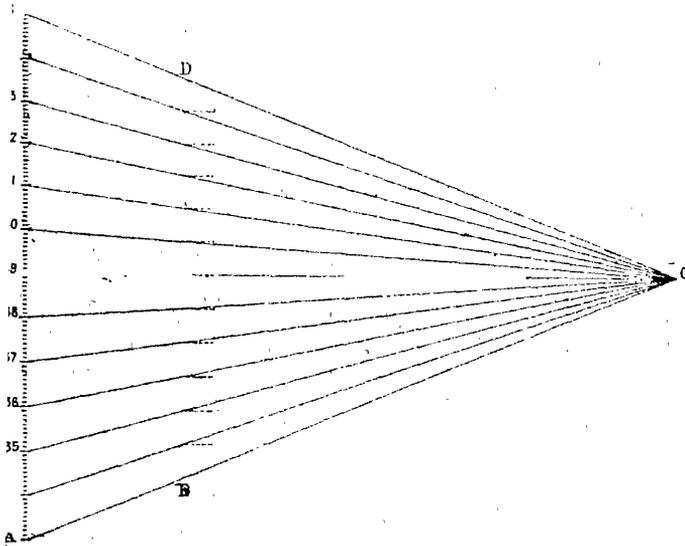



Fig. 244.

Une simple table dont on a divisé la partie AB en centimètres t en millimètres supporte une règle dont une des extrémités st fixée en C, elle peut pivoter et se raccorder à toutes les divi-

sions AB. Cette règle supporte un dispositif qui donne la pos-

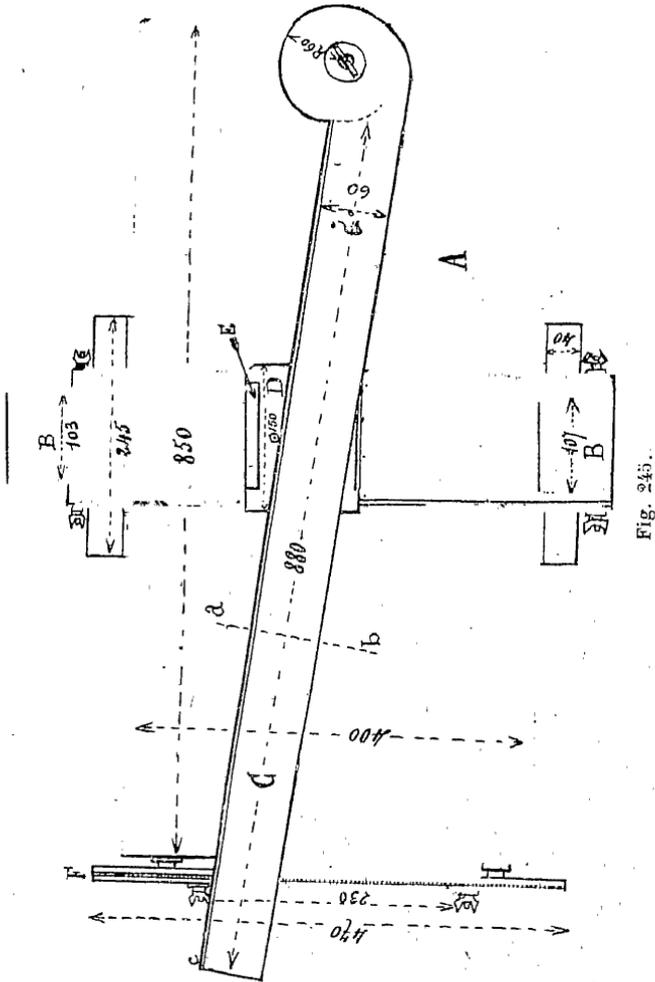



Fig. 245.

sibilité de tirer des parallèles à chaque division et sur toute la course de la règle.

Exemple : ayant à diviser une échelle sur laquelle on a

marqué les points 35-43, on cherche l'endroit où les points 35-43 AB de la table se raccordent avec les points 35-43 de l'échelle à diviser. On fixe l'échelle à cet endroit DE par exemple, et faisant manœuvrer la règle sur les divisions A.B, on tire des parallèles sur l'échelle au moyen d'un tire-ligne, aux angles formés par les droites des divisions 35-43, de la table.

Nous avons tenu à mentionner le principe de cette table pour divisions, qui peut être appliqué à d'autres machines à diviser.

MACHINE A DIVISER

La figure 245 montre l'ensemble de la machine à diviser les échelles des thermomètres et indique les dimensions à donner

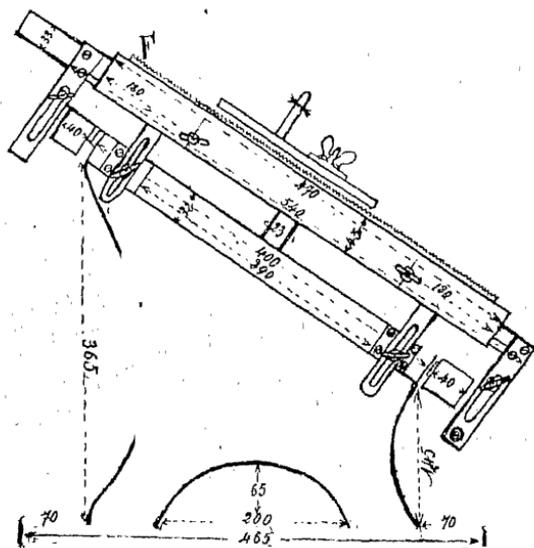



Fig. 246.

aux divers organes, pour obtenir une machine à diviser très suffisante.

La partie B.B peut coulisser et se déplacer sur toute la largeur de la table A.

La partie D coulisse sur la planchette B.B de haut en bas.

La règle C fixée sur la droite pivote et se raccorde au moyen d'une pièce métallique *c* accolée sur le côté, aux divisions d'une partie en métal disposée en dents de scie de 1 millimètre d'intervalle. Cette pièce F est maintenue entre deux planchettes au moyen de deux vis à oreilles.

C'est contre la partie E que l'on place le tire-lignes pour tracer les traits sur l'échelle fixée, au moyen de cire à cacheter sur la planche B.B.

La figure 246 montre l'ensemble de la table vue de profil

Application artistique.

On peut aussi au moyen des procédés généraux indiqués

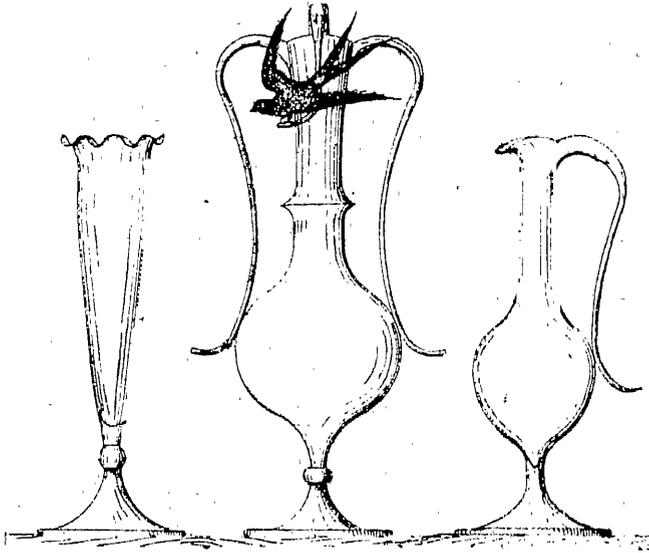



Fig. 247.

pour le travail du verre, construire de petits objets de vitrines agréables et légers dans leur forme. La confection de ces

bibelots, ne constitue pas seulement un passe-temps amusant, mais elle est un véritable exercice, puisqu'elle met en œuvre les tours de main employés le plus fréquemment par le souffleur de verre (collerettes, confection de pieds en verre, soudures, soufflage des boules, etc.).

Nous reproduisons dans la figure 247 trois de ces vases artistiques façonnés au chalumeau et agrémentés de verres de couleurs.

RECETTES UTILES

Graisse pour rendre étanche les robinets de verre.

Faire fondre ensemble :

5 parties suif, 1 partie lanoline, et ajouter 2 parties de graphite en poudre très fine.

Cette graisse est très pratique pour tous les appareils rodés devant tenir le vide.

Brûlures

Brûlures par le verre rouge.

Pâte de Lassare :

Lanoline, vaseline et oxyde de zinc à parties égales, calme immédiatement la douleur et empêche la cloque de se former.

Par l'acide fluorhydrique.

Laver la plaie à l'ammoniaque ou faire rapidement une bouillie de bicarbonate de soude et d'eau, que l'on étend sur la partie brûlée; recouvrir ensuite de la pommade à l'oxyde de zinc.

On peut aussi utiliser l'acide picrique en solution.

Le liniment oléo-calcaire convient bien contre les brûlures par le verre.

Pour faire le liniment oléo-calcaire on mélange 100 grammes d'huile d'olive avec 100 grammes d'eau de chaux et on agite.

« Si par accident on avait avalé un peu d'acide quelconque, boire de la magnésie calcinée en suspension dans l'eau ; bien se

garder de prendre du bicarbonate de soude, ou du carbonate, qui dégageant de l'acide carbonique, ce qui pourrait faire dilater l'estomac et en amener la rupture. »

Bouchons à l'émeri

Moyen d'empêcher les solutions de soude de sceller les bouchons.

Enduire le bouchon légèrement chauffé, de paraffine, et chauffer légèrement le goulot du flacon au moment de boucher.

Déboucher les bouchons à l'émeri.

Chauffer légèrement le goulot dans la flamme d'un bec Bunsen ou mieux dans la flamme d'une lampe à alcool, refroidir en essuyant avec un torchon sec, une série de chauffe et de refroidissement finissent par décoller le bouchon. Si le bouchon résiste encore, on frappe légèrement avec un morceau de bois, le bouchon et le goulot, ce qui finit presque toujours à décoller le bouchon.

Charbon pour couper le verre dit charbon de Berzélius.

Gomme arabique.	60	grammes.
Gomme adragante	20	—
Benjoin en poudre	25	—
Charbon de bois en poudre . . .	180	—

Faire gonfler la gomme adragante dans un peu d'eau pendant une journée, faire une colle épaisse avec la gomme arabique, ajouter ensuite le charbon et le benjoin, rouler en baguettes et laisser sécher.

Poudre de verre.

Pour pulvériser le verre facilement, il faut d'abord le faire éclater en le chauffant au rouge puis en le plongeant dans l'eau ; pulvériser ensuite au mortier d'agate.

Si l'on veut avoir de la poudre très fine, il est préférable de souffler dans des tubes des boules extrêmement minces qui se pulvérisent ensuite très facilement, ou plus simplement pulvériser du coton de verre.

Crayon pour écrire sur le verre.

La cire de graveur est formée de 1 partie de suif et 2 parties de cire jaune, on l'étend sur la pièce légèrement chauffée Il est bon d'ajouter un peu de noir de fumée à ces deux produits pour mieux voir les traits que l'on grave. Après avoir gravé une petite pointe, on peut soit badigeonner à l'aide d'une spatule de plomb avec une bouillie claire d'acide sulfurique ou de fluorure de chaux, ou soumettre aux vapeurs d'acides produites en mettant cette bouillie dans une petite boîte de plomb légèrement chauffée, ce dernier procédé donne une gravure plus fine.

On peut également écrire directement à la plume avec l'encre suivante.

Saturer l'ammoniaque d'acide chlorhydrique du commerce ajouter un volume égal d'acide fluorhydrique, et ajouter du sulfate de baryte jusqu'à consistance pâteuse. Agiter avec un morceau de bois avant l'emploi, conserver dans des flacons de gutta ou de plomb ou à défaut dans des flacons de verre enduits d'une bonne couche de paraffine et boucher avec un bouchon de paraffine.

Crayons diamants pour graver le verre.

Avec émeri 10 parties, kaolin 1 partie, silicate de soude en quantité suffisante pour obtenir une pâte épaisse. Sert à

graver des chiffres sur le verre, est commode autant pour dépolir rapidement un petit carré pour écrire au crayon ordinaire.

Crayon pour écrire sur le verre.

Blanc de baleine	4 parties.
Suif —	2 —
Cire —	2 —
Matière colorante.	8 —

Comme matière colorante on peut prendre du bleu de prusse, du vermillon ou du noir de fumée. Le blanc de baleine peut être remplacé par de la bougie, stéarine.

Encre vernis pour écrire sur le verre.

Bitume de Judée	20 parties.	
Résine-copal.	10 —	
Benjoin	100 —	
Matière colorante	10 —	Indigo. Noir de fumée ou vermillon.

Couleurs vitrifiables pour marquer au feu la porcelaine et le verre.

Céruse	4 grammes.
Acide borique.	4 —
Oxyde de cobalt.	2 —
Silicate de soude sirupeux du commerce.	4 cent. cubes.

Solution à 30 p. 100 de gomme arabique en quantité suffisante pour obtenir une pâte de la consistance des couleurs d'aquarelles. Dessiner les chiffres avec un pinceau ; chauffer au rouge au chalumeau ou au moufle. Marque en bleu sur le verre et en noir sur la porcelaine.

Mastics à base de résine.

Mastic genre Golaz.

Résine	60 grammes.
Cire jaune.	8 —
Cire du Canada	8 —
Suif.	1 —
Colcotar.	10 —
Brique pilée en poudre fine. . . .	40 —

Mouler dans des tubes de verre de la grosseur voulue. Pour démouler chauffer légèrement le verre et pousser avec une baguette. Convient surtout pour réunir à des pièces métalliques non chauffées.

Mastic de Fontainier.

Remplace dans bien des cas le mastic précédent.
Mélanger à chaud :

Résine.	1 partie.
Suif.	1 —
Colcotar.	1 —
Brique en poudre fine	1 —

Mastic pour les appareils dégageant du chlore.
Mélanger à chaud :

Terre réfractaire en poudre.	5 parties.
Goudron de gaz	1 —

Mastic genre Golaz.

Colophane	160 grammes.
Cire de Carnauba.	40 —
Rouge anglais	90 —
Térébenthine de Venise.	10 —

Mastic genre Golaz.

Faire fondre ensemble :

Colophane	250	grammes.
Rouge anglais	100	—
Cire de Carnauba.	100	—
Térébenthine de Venise.	25	—
Poudre de verre	100	—

Mouler dans des tubes de verre, fermés par un bouchon; pour démouler, chauffer rapidement le verre pour faire fondre la couche superficielle et pousser le bouchon. Pour donner au bâton un aspect verni, passer rapidement dans la flamme.

Glu marine.

Faire dissoudre 2 parties de caoutchouc coupé en lanières dans 34 parties d'huile de goudron et chauffer au bain-marie, incorporer à chaud 69 parties de gomme laque brune. Si on achète de la glu du commerce il est bon de la chauffer avant de s'en servir jusqu'à ce qu'elle ne dégage presque plus de fumée.

Convient surtout pour réunir le verre au bois. Sert également à imperméabiliser le bois, permet de faire par exemple de grandes cuvettes à photographie ; dans ce cas il est préférable de se servir d'un vernis épais obtenu en dissolvant la glu dans un mélange à parties égales d'alcool et de chloroforme.

Ciment à la glycérine.

On fait une pâte molle de litharge et de glycérine, fait prise assez rapidement, n'est pas d'une grande solidité.

Ciment au zinc.

On peut simplement faire une pâte avec l'oxyde de zinc, et une solution de chlorure de zinc en dissolvant du zinc en excès

dans de l'acide chlorhydrique concentré. On obtient un mastic plus résistant en ajoutant à 200 grammes d'oxyde de zinc :

Verre en poudre	5 grammes.
Borax	4 —
Silice sèche.	8 —

L'oxyde de zinc du commerce n'est pas assez dense pour donner un bon ciment, il est utile d'abord de l'imprégner d'acide azotique et de le calciner au rouge.

Ciment au phosphate de zinc.

Chauffer jusqu'à fusion un mélange de :

Phosphate de calcium	1 gramme.
Oxyde de zinc.	15 —
Phosphate d'ammoniaque	

que l'on dissout dans de l'acide phosphorique sirupeux.

D'autre part préparer une poudre en calcinant un mélange de :

Oxyde de zinc.	25 grammes.
Magnésie	5 —
Acide borique.	0 gr. 50

dissous dans un peu d'eau.

Pour l'emploi faire une bouillie avec la poudre et la solution. Ces deux ciments font prise très vite et sont certainement résistants. Ils ont l'inconvénient d'être attaqués par un grand nombre de réactifs ce qui limite leurs emplois.

Ciments à l'albumine et à la caséine.

On obtient un ciment très résistant en mélangeant 5 parties de chaux avec 6 parties de caséine ou de blanc d'œuf.

Pour sceller des niveaux d'eau ou des manomètres, le meilleur mastic est le suivant : Délayer du plâtre en poudre avec

de l'huile à machine, puis ajouter des blancs d'œuf, le double du poids de l'huile employée, bien mélanger. Pour rendre ensuite le scellement parfaitement étanche, il est bon de le badigeonner avec un peu de silicate de soude.

Luts au silicate. — Le silicate de soude mélangé au kaolin avec ou sans addition d'autres corps donne un lut très précieux pour raccorder le verre à une pièce de métal destinée à être chauffée à haute température. Il est bon d'ajouter un volume égal d'amiante au kaolin pour donner plus de plasticité à ce dernier, et pour éviter la rupture du verre par la dilatation du métal, de mettre entre le verre et le métal une ou deux couches de papier d'amiante imprégnée de silicate. Les parties à réunir doivent d'abord être badigeonnées de silicate et lorsque le lut est à moitié sec, il est bon de le rebadigeonner encore avec un peu de silicate.

Le mastic de composition donnée ci-dessous est excellent pour réparer les moufles.

Silicate de soude.	1 partie.
Oxyde de zinc.	1 —
Magnésie calcinée	1 —

Colles pour le verre.

Colle au bichromate. — Faire une solution concentrée de 5 parties de gélatine et 1 partie de bichromate de potasse.

Exposer à la lumière.

Colle dite arménienne. — Faire dissoudre 30 grammes de mastic dans une quantité suffisante d'alcool. D'autre part faire ramollir 30 grammes de colle de poisson dans un peu d'eau, puis la faire dissoudre dans de l'alcool, jusqu'à ce qu'on obtienne une forte gelée à laquelle on ajoutera 8 grammes de gomme ammoniaque en poudre. Chauffer à une douce chaleur et ajouter la solution de mastic. Pour l'usage faire fondre un petit morceau de colle dans une cuillère, et enduire les parties à coller, peut servir aussi pour raccommoder la porcelaine.

Soudure du verre à un métal.

Procédé Cailletet. — Enduire le verre de chlorure de plat dissous dans l'huile de camomille, chauffer jusqu'à début fusion, puis cuivrer sur le platine par galvanoplastie, sou ensuite sur le cuivre comme à l'ordinaire.

Procédé Margot. — On fait la soudure avec un alliag 100 parties d'étain pour 3 de zinc ; ne prend que sur le ve extrêmement propre.

Procédé a l'amalgame. — Triturer 40 grammes de cuivre poudre obtenue en précipitant le sulfate par le zinc avec l'acide sulfurique pour obtenir une pâte épaisse. Ajou 70 grammes de mercure, triturer ensemble et chauffer à fusi Passer ensuite à l'eau chaude pour enlever l'acide. S'empl comme un bâton de cire. Pour ces deux dernières méthode est bon d'argenter au préalable le verre.

Ces trois recettes sont très utiles pour la confection d'eud mètres ou de voltamètres avec des électrodes en méta autres que le platine.

Vernis au celluloïd. Soudure du celluloïd au verr

Faire un vernis en dissolvant du celluloïd dans un mélang

Acétone	5 parties.
Acétate d'amyle	1 —

En augmentant la proportion de celluloïd on obtient u colle permettant de souder le celluloïd à lui-même et au ver

Le celluloïd peut être remplacé avantageusement par l'a tate de cellulose.

Ligature pour raccorder le verre à une canalisation d'eau.

Le mieux est de raccorder avec un tube de caoutchouc serré avec de la ficelle sur le robinet et sur l'appareil. (Le fil de fer ou le fil coupe le caoutchouc.)

Pour plus de sûreté on peut ligaturer le caoutchouc sur toute sa longueur avec du chaterton ou mieux à chaud avec une bande de toile trempée dans de la glu marine fondue.

Les recettes suivantes ont été empruntées dans l'ouvrage le Nerri Merret.

Écriture blanche sur du verre.

Prenez un drachme de blanc de céruse que vous délaierez lans de l'eau claire; formez avec cette pâte de petites tablettes que vous ferez sécher au soleil : mettez-les ensuite sur une pierre ; ajoutez-y de bonne huile de lin, et trois gouttes de vernis, broyez le tout de manière que l'on puisse s'en servir pour écrire; formez des caractères autour d'un verre ou d'un vase rouge, bleu ou de toute autre couleur : cette écriture durera avec les temps, au point que l'eau ne pourra point l'effacer.

Vernis propre à toutes sortes d'usages.

Prenez une livre de vieille huile de lin bien claire ; faites-la bouillir modérément et l'écumez, mettez-y de la pierre ponce, et des os de mouton calcinés, et réduits en une poudre très fine et tamisée, de chacun une demi-once de térébenthine de Chypre; et si vous voulez rendre le vernis encore plus fort ajoutez-y une once ou plus de mastic bien pur, quand il sera bien fondu, retirez la composition du feu et conservez-la dans une bouteille pour votre usage.

Cire à cacheter rouge.

Gomme laque, une demi-once, térébenthine et colophane de chacune deux gros, cinnabre et minium, de chacun un drachme ; commencez par faire fondre sur un feu doux dans un creuset bien net la gomme laque et la colophane, joignez-y ensuite la térébenthine, et mettez-y petit à petit le cinnabre et le minium ; après les avoir triturés avec soin, formez-en des bâtons.

Pour nettoyer le verre.

Prenez de la pierre hématite (peroxyde de fer) et de la rouille de fer (oxyde de fer), et faites-les rougir ensuite ; lorsqu'elles seront bien rouges, jetez dessus peu à peu du suif bien pur le mélange s'enflammera ; continuez à faire encore calciner et laissez refroidir doucement ; cette composition sera très bonne pour nettoyer le verre.

Graisse de Travers pour rendre étanches les robinets ou parties rodées.

Deux parties de caoutchouc para en rognures.

Une partie vaseline ou huile de vaseline.

Un huitième partie paraffine.

Fondre à une très petite flamme à feu nu, dans une capsule et par petites portions successives le caoutchouc. Ajouter la paraffine à la masse entière fondue; brasser quelques instants avec un agitateur, ajouter ensuite la vaseline, brasser et laisser refroidir

Ciment pour porcelaine dont la base est le verre.

Rendez un morceau de verre friable en le trempant rapidement dans l'eau froide quand il est très chaud.

-le, passez au tamis, ajoutez un peu de blanc d'œuf et ce mélange, ce ciment soudra de façon invisible toute de porcelaine.

Encre vitrifiable pour marquer le verre et la porcelaine.

fondre sur un bec Bunsen.

Silice sèche (ou sable de Fontainebleau en poudre fine)	21 grammes.
Litharge	11 —
Borax	19 —

er dans eau froide pour faire étonner. Broyer en poudre ire au mortier ou à la molette de peintre une couleur en y ajoutant 1gr,50 d'oxyde de cobalt. Avec un peu bien siccative ou un peu de solution de gomme ara- 10 p. 100, suivant que l'on désire une couleur à l'eau uile.

l'usage dessiner avec un pinceau de préférence sur le non sur le fond des ustensiles (pour éviter que la cou- colle après les moufles, laisser sécher et porter au rouge fle ou sur un chalumeau). Marque en bleu sur le verre oir sur la porcelaine.

Impression sur verre.

essin à jour est appliqué sur le verre qui a été enduit lement d'une couche d'essence de térébenthine. On à la surface, de la poudre de bitume de Judée et de en larmes. Le patron est ensuite retiré avec précaution hauffe légèrement pour fixer la poudre répandue par les u dessin.

oumet ensuite le verre à l'action de l'acide fluorhydrique que le verre seulement aux endroits non recouverts de

ration demande 30 ou 40 minutes.

Emaillage par impression.

On applique sur le verre une pâte d'émail coloré ou non q
recouvre d'un patron en métal découpé, représentant des
sins, fleurs, personnages, animaux, etc. On frotte ensuit
tout avec une brosse qui a pour but d'enlever l'émail
tout où le patron comportait des jours. Ensuite on enlèv
patron et on expose le verre à la chaleur d'un four à mo
l'émail fond et se fixe sur le verre.

Un autre procédé consiste à recouvrir le verre d'une cou
d'eau gommée qu'on laisse sécher, on recouvre ensuite
patron découpé, puis on projette sur le tout de l'émail pulvé
on retire ensuite le patron qui a servi à fixer l'image. On
met ensuite le tout à l'action d'un jet de vapeur d'eau qui
sout l'eau gommée et fixe l'émail. Il n'y a plus alors qu'à po
le verre au four à moufle.

Renseignements complémentaires sur la fabrication du thermomètre médical [1].

L'atelier du fort de Vanves, dirigé par M. le Pharmacien-major Bobier, n'exige maintenant que la connaissance d'un seul métier (souffleur, thermométriste ou graveur); le travail est fait en série.

Avant d'être soufflé, le verre doit être calibré et après graduation le thermomètre doit être vérifié.

Il est inutile d'insister sur le fait que les diverses parties du thermomètre devront être faites avec un verre de qualité convenable et dont le travail moléculaire sera minimum.

Voici les caractéristiques adoptées par l'atelier du Service de santé,

1° *Tube ovale.* — Le tube ovale devra avoir un grand diamètre extérieur compris entre 9 et $11^{mm},5$ et une épaisseur de $0^{mm},7$ environ.

2° *Capillaire prismatique.* — La section devra s'inscrire dans un triangle isocèle, les deux côtés égaux de la section seront légèrement convexes et l'angle au sommet formera dioptre.

Ses dimensions extérieures seront comprises pour la largeur entre $1^{mm},3$ et $2^{mm},2$ et la hauteur entre $1^{mm},5$ et $2^{mm},5$.

La lumière de forme elliptique aura autant que possible comme rapports des axes un nombre compris entre $1^{mm},5$ et 2 millimètres.

Les dimensions extrêmes de l'ellipse seront :

3 à 6 centièmes de millimètre pour le petit axe.

6 à 12 centièmes de millimètre pour le grand axe.

1. Voir page 222 à 232.

De plus le petit axe de l'ellipse coïncidera avec le plan (symétrie du prisme. La distance de la lumière au somm devra être de trois fois le rayon de courbure du dioptre.

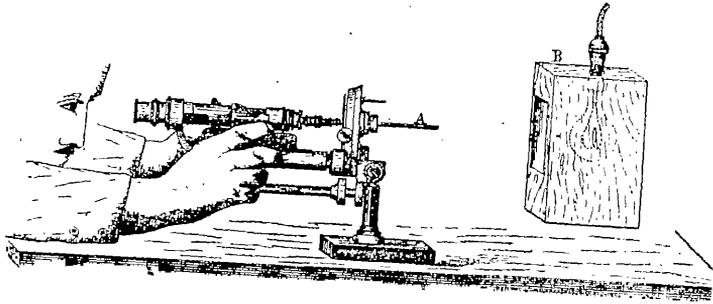



Fig. 248.

Capillaire rond. — Le diamètre devra avoir de 1mm,5 2 millimètres, la lumière bien concentrée aura de 15 à 18 ce tièmes de millimètre.

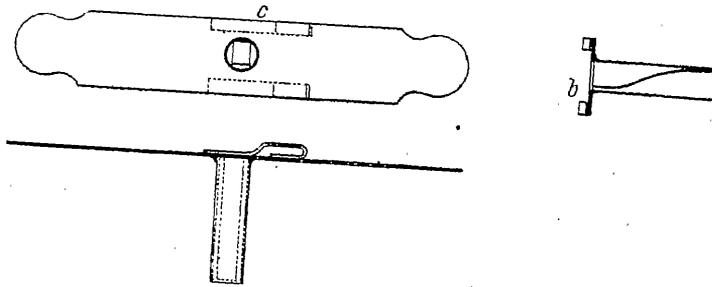



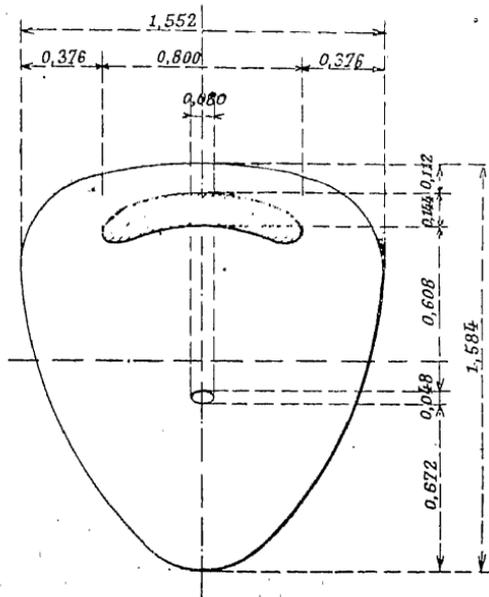
Fig. 249.

Calibrage. — Le calibrage doit être identique pour tous l ouvriers et porter sur les trois sortes de verre.

1° Le tube ovale (ou rond) dit « tube chemise » est clas suivant son diamètre extérieur, nettoyé par cannes entière puis divisé par tronçons de 30 centimètres ;

3° La tige capillaire prismatique dite « prismatique » e

livrée par longueur de 50 à 60 centimètres, un examen rapide au microscope permet d'éliminer tous les tubes qui ne sont pas de dimension convenable.

La tige qui a été choisie est alors débitée en tronçons de 15 centimètres, qui après un examen au microscope, sont

Coupe transversale

(Les cotes sont exprimées en millimètres.)

Fig. 250.

classés suivant les dimensions des axes de la lumière. Ces dimensions déterminent quelle sera la capacité à donner ultérieurement au réservoir des thermomètres qu'ils serviront à faire.

Pour cet examen on dispose un microscope horizontalement figure 248, il est entendu que l'oculaire doit être muni d'une échelle micrométrique.

Pour maintenir le prismatique pendant l'examen au microscope, M. Bobier se sert d'un dispositif dont l'ensemble est donné par la figure 249. C'est une simple lame métallique C percée d'un trou dans lequel s'engage un fil de laiton de 8 millimètres environ, l'intérieur de ce tube est muni d'une lamelle formant ressort qui maintient en B le tube prismatique A pendant l'examen (figure 248). Ce dispositif est maintenu sur le microscope par son tube qui s'engage dans la platine et par les griffes porte-objets. On dispose en B (figure 248) une chambre claire : c'est une simple boîte éclairée intérieurement par une lampe électrique. Il suffit de mettre au point pour avoir la grandeur des axes. La figure 250 donne les dimensions de l'ellipse d'un tube prismatique ; nous constatons que le petit axe a $0^{mm},048$ et le grand axe $0^{mm},080$; si nous faisons le produit nous trouvons $0,048 \times 0,080 = 0,00384$. Ce tube sera alors classé dans la catégorie 39-42 de la table ci-dessous, c'est-à-dire que le réservoir du thermomètre construit pour ce capillaire, devra avoir un volume de $0^{cc},188$, que le poids du mercure nécessaire au remplissage devra être de $2^{gr},556$.

ALCOOL Hauteur d'ascension (en centimètres).	MICROSCOPE Produits des axes (en millimètres, 1 p. 100).	VOLUME DU RÉSERVOIR (en centimètres cubes).	POIDS DU MERCURE (en grammes).
32	18 à 20	0,0848	1.153
31	21 à 23	0,0989	1,345
30	24 à 26	0,113	1,546
29	27 à 30	0,131	1,781
28	31 à 34	0,150	2, 40
27	35 à 38	0,164	2,230
26	39 à 42	0,188	2,550
25	43 à 47	0,212	2,883
24	48 à 52	0,235	3,196
23	53 à 57	0,254	3,454
22	58 à 62	0,282	3,835
21	63 à 68	0,311	4,229
20	69 à 73	0,339	4,610

Nous donnons ci-dessus la table qui permet de classer les tubes prismatiques suivant le produit des axes, ou suivant la hauteur d'ascension de l'alcool.

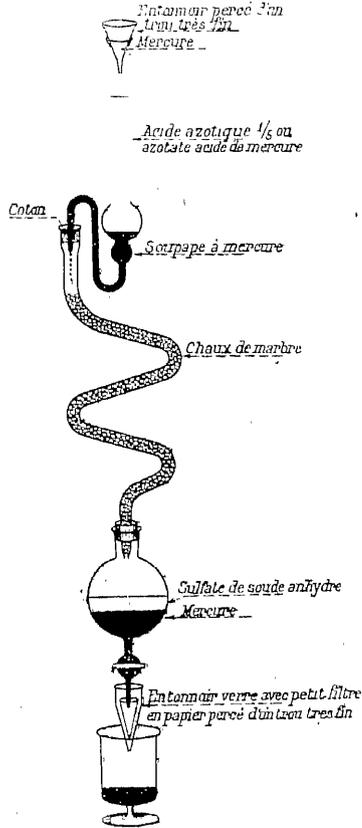
Fig. 251.

Nous avons tenu à indiquer les hauteurs d'ascension d'alcool, certaines personnes se servant encore de cette méthode, qui n'a de valeur, pour une lumière bien régulière, que dans des conditions difficiles à réaliser.

La manipulation du mercure pour le jaugeage se fait à l'aide de la petite pipette spéciale (fig. 243, nº 18) comportant un tube de verre plein soudé sur le côté, destiné à rompre la cohésion du mercure, qui autrement resterait dans le réservoir.

Le soufflage du thermomètre étant terminé (nº 13, fig. 242) on le place dans une étuve chauffée à 150º, pour le priver de la vapeur d'eau introduite pendant le soufflage. Une trace d'humidité dans l'intérieur de l'appareil suffirait à rendre ce thermomètre inutilisable. On ferme à chaud l'extrémité effilée de l'olive ; pour le remplissage il suffira de casser la pointe dans du mercure (voir fig. 208).

Le mercure doit être l'objet d'un soin tout particulier, le nettoyage doit être fait de façon à ne laisser aucune matière étrangère. M. Bobier emploie pour le nettoyage du mer-

cure un appareil simple, dont le schéma est donné]
figure 251.

Le thermomètre terminé on le laisse au repos penda
moins deux mois, pour que le verre reprenne le plus po
son état moléculaire.

Vérification. — Il existe enfin un service de vérificati(
n'accepte que les thermomètres qui sont conformes à la

Extrait du décret relatif à la vérification et au con des thermomètres médicaux pour l'application loi du 14 avril 1918.

Article premier. — Les thermomètres médicaux sor
thermomètres à mercure du type maximum, dont la co
de mercure après emploi, et lorsque le réservoir du th
mètre revient à la température ambiante, ne redescen
d'elle-même, mais doit redescendre sous l'action des seco
produites à la main.

Ils comportent un réservoir de verre rempli entièreme
mercure et soudé soit à une tige percée longitudinal
d'un canal capillaire et sur laquelle est gravée la gradı
(modèle dit : thermomètre gradué sur tige), soit à un
mince percée longitudinalement d'un canal capillai
enfermée dans une chemise de verre contenant une échell
duée sur une plaquette placée au contact de la tige (m
dit : thermomètre à chemise).

Le réservoir sera exempt de fêlures. Le mercure doit
pur, sans bulles d'air ni traces d'humidité ; il ne doit pas
queue ni se diviser en tronçons à l'intérieur de la tige.

La tige percée d'un canal capillaire sera parfaitement t
parente, sauf dans la partie émaillée située à l'arrière, a
où cette partie émaillée existe. Elle sera exempte de
pouvant contenir des colonnes de mercure parasites ; sa
face extérieure, pour les thermomètres gradués sur tige,
prismatique, de telle sorte que la colonne de mercure soi
élargie lorsqu'on regarde en face la graduation.

Article 2. — Les réservoirs des thermomètres médicaux ne peuvent être construits qu'avec des verres présentant un retard de dilatation au plus égal à un dixième de degré à la température de 100 degrés.

Ces verres doivent porter une marque constituée par un filet coloré incorporé dans la matière et suffisamment large et opaque pour être visible.

Chaque lot de thermomètres médicaux déposé au service de vérification sera accompagné d'une déclaration ou d'une attestation faisant connaître le nom du fabricant du verre employé pour le réservoir et la qualité de cette matière.

Article 3. — L'échelle de température adoptée pour la graduation des thermomètres médicaux est l'échelle normale centésimale du thermomètre à hydrogène.

La graduation des thermomètres médicaux est gravée sur la tige pour les thermomètres dits à « tiges »; elle peut être gravée, racée à l'encre ou imprimée sur la plaquette des thermomètres dits « à chemise ».

La graduation doit exister au moins de 35° C à 42° C, être divisée en dixièmes de degrés centésimaux et marquée par des traits nettement visibles L'intervalle moyen d'un degré à un autre degré est d'au moins huit millimètres.

Les traits correspondant aux degrés et aux demi-degrés se distinguent par une longueur supérieure aux autres. Le chiffrage est fait en face de ces traits à chaque degré.

Article 4. — Dans les thermomètres dits « thermomètres à chemise » la plaquette portant la graduation doit être placée exactement au contact de la tige thermométrique et suffisamment fixée dans la chemise pour ne subir par le choc aucun déplacement par rapport à cette tige. Cette plaquette sera en substance opaque ou en métal.

La chemise ne doit contenir aucun corps étranger ni aucune trace d'humidité à l'intérieur et sera entièrement soudée à la lampe. Elle ne doit présenter aucune partie trouble ou opaque, sauf le filet coloré constituant la marque de fabrication du verre et visé à l'art. 2.

Un repère constitué par un trait de 5 millimètres de long doit être tracé sur la chemise, perpendiculairement à l'axe du thermomètre et exactement à hauteur du trait de la graduation correspondant au degré 38 et sur le côté de ce trait. Ce repère servira de témoin pour la stabilité de l'échelle dans la chemise.

Article 5. — Les thermomètres médicaux doivent donner des indications exactes en tous leurs points, à un dixième de degré centésimal près, en plus ou en moins.

Les thermomètres portant l'indication « minute » doivent dans les limites d'exactitude fixées par le paragraphe précédent, indiquer en 20 secondes la température d'un bain d'eau agitée, à température constante, de manière à indiquer en moins d'une minute la température interne.

Lorsque le réservoir du thermomètre après emploi revient à la température ambiante, il est toléré un abaissement spontané de la colonne de mercure tel que l'indication finale du thermomètre ne diffère pas de la température vraie de plus d'un dixième de degré.

Article 6. — En dehors du nom du constructeur obligatoirement gravé sur la tige, ou s'il s'agit d'un thermomètre à chemise inscrit sur le dos de la plaquette graduée, tout thermomètre médical ne peut porter, dans les mêmes conditions d'inscription, que les marques du constructeur, le lieu de sa résidence, l'indication de « à maximum » et, le cas échéant, celle de « minute » et éventuellement, pour les thermomètres importés, les correctifs prévus par l'art. 15 de la loi du 11 janvier 1892.

Le nom du constructeur peut être remplacé par sa marque lorsque celle-ci a été déposée au laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Les indications visées au paragraphe précédent seront placées de manière à ne pas gêner la lecture de la graduation. Un espace libre de cinquante millimètres au minimum doit être réservé, dans les thermomètres à tige, à l'extrémité opposée du réservoir et sur le dos de la tige pour l'apposition de la marque de vérification.

ARTICLE 7. — La vérification des thermomètres médicaux a par les soins du Conservatoire national des Arts et Métiers dans son laboratoire d'essais de Paris, soit dans tous autres ratoires désignés ou agréés par arrêtés du ministre du merce après avis du conseil d'administration du Conserva- national des Arts et Métiers.

écépissé du dépôt des thermomètres pour vérification est ré au déposant.

laboratoire procède à un examen préliminaire des thermo- es, en vue de constater s'ils sont construits conformément rescriptions des art. 1er à 4 et de l'art. 6 du présent décret. s cet examen éliminatoire, il est vérifié si les instruments font aux conditions d'exactitude exigées par l'art. 5. Cette ication se fait en trois points de l'échelle dans un bain agitée ; elle ne peut avoir lieu que trente jours après le t des thermomètres.

s thermomètres reconnus exacts sont marqués du poinçon el de la vérification, du numéro d'enregistrement au dépôt millésime.

TICLE 8. — Indépendamment du contrôle et de la vérifica- obligatoire imposés pour les appareils destinés à la vente détenteur de thermomètre médical, que cet instrument lisse ou non les indications indiquées dans les articles ci- is, peut demander au service de vérification d'en faire l'es- Il est délivré, dans ce cas, un procès-verbal de résultat ai indiquant les corrections de chaque instrument. Ce pro- erbal porte, s'il y a lieu, une mention spéciale indiquant e thermomètre ne remplit pas les conditions imposées par i du 14 août 1918. Aucune marque n'est imposée sur le nomètre.

TICLE 9. — Le service de vérification n'est pas responsable lommages causés aux instruments par le fait même de rification.

TICLE 10. — Les constructeurs devant présenter à la véri- on des thermomètres construits avec un verre déterminé,

déposeront au laboratoire un thermomètre spécialement co
truit avec ce verre, afin de permettre au laboratoire d'étud
le retard de dilatation.

Ce thermomètre devra pouvoir être porté à 100° C. La g
duation comportera les points 0° et 100° C, avec au moins d
degrés divisés en dixièmes de part et d'autre du zéro. Il
sera pas nécessaire de faire d'autre graduation. La partie su
rieure de ce thermomètre d'études doit rester adhérente.

Chaque fois qu'une nouvelle sorte de verre sera présent
le service de vérification constatera, sur le thermomètre s
cial, si ce verre remplit la condition indiquée à l'art. 2 rel
vement au retard de dilatation. En outre, chaque fois qu'il
jugera utile, il constatera que le verre ayant servi à la co
truction des lots de thermomètres déposés pour la vérificati
est conforme au type défini par le thermomètre spécial corr
pondant et par la marque de fabrique.

Yeux artificiels.

Les terribles effets de la grande guerre que nous venons de subir, ont privé beaucoup de nos combattants défenseurs de la Patrie, d'un et trop souvent des deux yeux. Ce malheur qui les prive de la vue si nécessaire à l'existence, les défigure aussi.

Pour dissimuler cette infirmité et rendre le visage plus agréable aux regards, on substitue à cet organe disparu, un œil artificiel en verre. Si l'on en croit l'histoire les yeux artificiels étaient connus bien avant Jésus-Christ, et c'est probablement encore une des découvertes des Egyptiens.

Yeux artificiels. — On prend un tube de cristal creux à l'extrémité duquel on souffle une boule de la grosseur de l'œil. On applique sur cette boule des émaux de couleurs diverses qui s'amalgament avec le cristal, ainsi avec l'émail blanc on obtient la sclérotique ou blanc de l'œil, puis au moyen des couleurs que donnent les émaux, l'artiste arrive à donner exactement la teinte naturelle de l'œil vivant près duquel il sera placé. Ensuite on pratique au centre de la boule une ouverture circulaire qui servira à recevoir le globe de l'œil.

Pour confectionner le globe de l'œil, on forme d'abord l'iris, puis on place à son centre un point d'émail noir qui sera la pupille.

Le globe de l'œil étant terminé, on le place au centre de la boule qu'on a eu soin de maintenir à une certaine température, pendant la confection du globe, qu'on fixe définitivement au moyen du chalumeau.

L'œil terminé on détache la boule du tube, ce qui donne comme une coquille qu'on borde au chalumeau et qu'on recuit à une douce température pendant quelques heures.

Il est certain que ce travail délicat n'est à la portée que (véritables artistes, qui exercent ce métier sans divulguer l secrets de la fabrication.

Perles de verre.

Quoique la fabrication des perles ne rentre pas dans la cat gorie des objets de laboratoires, nous tenons cependant à (indiquer la fabrication, ces perles pouvant à l'occasion fai partie constitutive d'un appareil.

Perle creuse. — La fabrication des perles ordinaires se fa d'une façon assez simple; on se sert de tubes de verre (même diamètre que les perles à obtenir; à l'aide d'un coutea à verre on coupe le tube en petits fragments qu'on laiss tomber dans un mélange de charbon de bois et de chau mouillés. Ce mélange a pour but d'empêcher les tubes de s fermer.

Ces tubes sont ensuite placés dans des caisses en fer, qu'o chauffe au rouge et qu'on anime en même temps d'un mouve ment tournant; les petits tubes de verre en frottant les ur contre les autres s'arrondissent. Il ne reste plus, pour le débarrasser de la pâte qu'ils contiennent qu'à les plonge après refroidissement dans l'eau. Pour leur redonner leur tran parence on les agite avec du sable très finement tamisé.

La perle de fantaisie de couleur se fait d'une manière tou différente.

Ces perles aux couleurs chatoyantes dont l'assembla forme ces colliers ou sautoirs qui ornent la vitrine des joa liers et qui font l'admiration des élégantes sont la conséquen d'une véritable industrie.

La fabrication ne nécessite pour ainsi dire aucune install tion spéciale qu'une soufflerie et un chalumeau, ce qui a l'ava tage de permettre à un nombre considérable d'ouvrières d'ex cuter ce travail chez elles.

Pour fabriquer ces perles de couleurs, l'ouvrier dispose portée de sa table des tubes d'émail de toutes couleurs,

prend un tube de cuivre creux d'un diamètre de 2 à 3 millimètres qu'il chauffe dans la flamme du chalumeau (fig. 252), en même temps il présente au chalumeau son tube d'émail qui ne tarde pas à fondre, il l'enroule alors autour du tube de cuivre

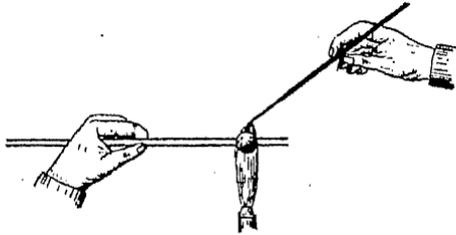



Fig. 252.

jusqu'à ce qu'il y en ait suffisamment pour faire la perle qu'il désire.

Il retire alors le tube d'émail, tourne son tube de cuivre dans la flamme d'un mouvement régulier, ce qui ne tarde pas à donner à la masse de verre rassemblée sur le tube, une forme tout à fait sphérique, à ce moment il retire le tout du chalu-

Fig. 253.

meau et laisse refroidir un instant dans la flamme éclairante.

On peut aussi faire subir à la perle ce qu'on appelle la trempe, cela consiste à jeter la perle étant chaude, dans de l'huile qu'on a pris la précaution de chauffer préalablement pendant quelques heures à 150° pour la débarrasser des traces d'eau qu'elle pouvait contenir.

Il ne reste plus qu'à couper, avec des ciseaux, le tube de cuivre dépassant de chaque côté de la perle, et de faire trem-

per cette dernière dans de l'acide azotique qui a pour bu dissoudre le cuivre, et de libérer la perle, un lavage à l'ea la perle est terminée (fig. 253).

On en fait aussi des pendeloques, dans ce cas au lieu de sembler le verre sur la tige de cuivre, on le fixe à l'extrém après dissolution du cuivre, cette larme de verre est pe mais d'un côté seulement.

Ampoules à rayons X.

Pour mieux faire comprendre la construction des ampo à radiographie nous allons donner quelques détails sur leur f tionnement. On sait que si l'on fait passer des décharges é triques dans un appareil de Geissler (fig. 233, p. 212) renferm un gaz, où l'on a fait le vide, à une pression voisine de 1 m mètre de mercure, le tube s'illumine entièrement d'une te qui varie suivant la nature du gaz. Si l'on pousse la raré tion jusqu'à une pression voisine de 1 millionième d'at sphère, l'effet est modifié, le passage du courant ne se m feste que par la fluorescence dans la région opposée à cathode. Si l'on faisait le vide jusqu'à ses extrêmes limites fluorescence du tube disparaîtrait.

Les rayons cathodiques, c'est-à-dire les rayons qui se p duisent à la cathode ou pôle négatif se propagent perpendi lairement, ils peuvent produire des effets calorifiques et mé niques.

Tubes de Crookes. — Les radiations qui se produisent d un tube de Crookes furent appelées par Rœtgen rayon (fig. 254); ils prennent naissance dans la partie rendue fluo cente par les rayons cathodiques, ou sur les corps solides cés sur leur trajet. Si l'on place dans le milieu d'un tube Crookes à cathode concave une lame de platine, celle-ci dev un centre d'émission de rayons cathodiques qui peuvent illu ner un écran de platinocyanure de baryum. Alors si l'on in pose des substances entre l'ampoule et l'écran on constate quelques-unes comme le fer, les os, interceptent les ray

et que la fluorescence n'apparaît pas ; que d'autres substances comme le bois, les effets, le papier, sont traversés et n'empêchent pas la fluorescence d'apparaître sur l'écran.

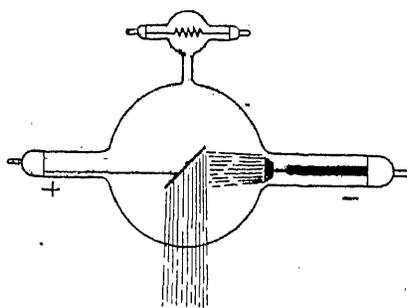



Fig. 254.

C'est sur ce principe que sont basées la radioscopie et la radiographie.

Construction des ampoules à rayons X.

La cathode est constituée par de l'aluminium pur de forme concave, l'anticathode est construite avec un métal plus résistant, le tungstène qui donne un miroir assez net, et qui a l'avantage de ne fondre qu'à une température de 3.200° et permet de concentrer le faisceau en un point. Le miroir de tungstène est enchâssé dans une anticathode en cuivre rouge, qui, s'échauffant en même temps que ce dernier, absorbe la chaleur et la transmet à un réservoir d'eau qui l'élimine ensuite dans l'air.

Pour construire cette anticathode, on sectionne une barre de cuivre en morceaux de longueur convenable dans lesquels on ménage un logement pour le tungstène. Après avoir placé le miroir dans son alvéole, on soumet l'ensemble à la température d'un four à gaz, puis on comprime l'ensemble à la presse hydraulique.

Une fois le métal comprimé et le miroir anticathodi
tungstène ajusté et soudé on tourne la pièce pour lui
le diamètre voulu. Cette pièce est ensuite percée dans
de sa profondeur afin qu'elle puisse recevoir le tube :
qui doit être soudé au ballon. On dispose sur son épai
un collet de platine qui permettra de réunir cette p
verre. On ajuste ensuite le tube de cristal qui prolonge
ticathode, puis on s'assure que cet ensemble tient le vi

CONFECTION DE L'AMPOULE. — Pour la confection de l'a

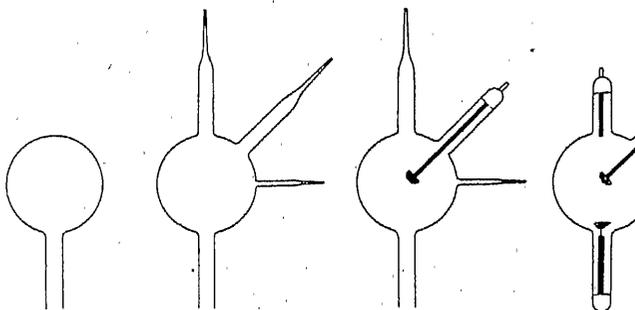



Fig. 255.

on utilise des ballons en verre spécial n'offrant que
retrait et peu opaque aux rayons X. Le col du ballon
d'emplacement à la cathode, puis on place un certain i
d'appendices, l'un qui tiendra l'anticathode, l'autre qui :
tera le régulateur, la figure 255 montre les ampoules au
rentes phases de leur fabrication. Il est bien évident que
ces pièces ainsi que les ballons ont été soigneusement n
et séchés avant de passer au soufflage.

Quand les pièces métalliques sont placées sur l'amp
soumet celle-ci à un vide constant pendant plusieur
afin de constater s'il ne se produit aucune fuite.

Après cette première vérification on soude cette a
sur une pompe à mercure, on y fait passer un courant
l'énergie électrique échauffe les pièces métalliques
dégageront les gaz que la pompe absorbera. Lorsque

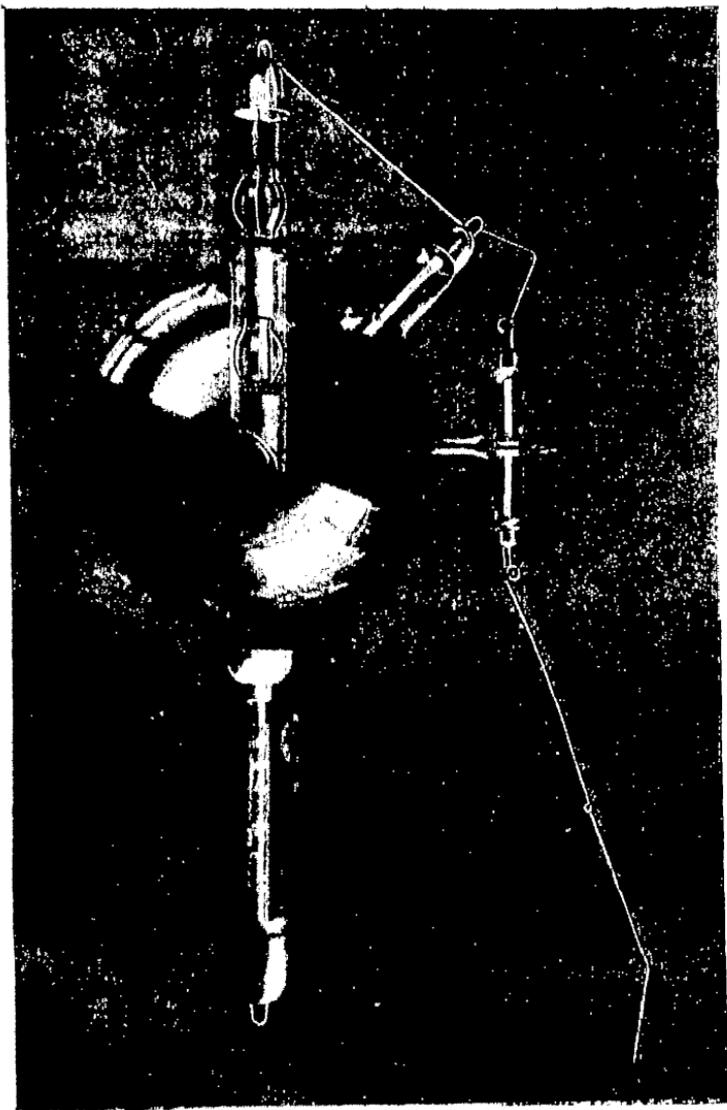



Fig. 256.

arrive à l'état de vide voulu, on l'isole de la pompe s
couper et pendant un certain temps on constate si malg
marche excessive il ne se dégage pas une trop grande q
de gaz. Après ce contrôle on sépare définitivement l'ar
au moyen du chalumeau. La figure 256 montre une ar
terminée.

Il est assez difficile de faire les grosses soudures
ampoules qu'on ne peut tourner complètement, ce n'e
par un mouvement de va-et-vient qu'on arrive à fond
régulariser ces soudures.

Les ouvriers doivent constamment se mettre à l'al
accidents occasionnés par les rayons X.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

R

S

T

U

V

Y

ÉVREUX, IMPRIMERIE CH. HÉRISSEY